



DUILIO SCHIAVO DUARTE

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS NA
AVALIAÇÃO DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE
LIMEIRA - SP**

LAVRAS-MG

2022

DUILIO SCHIAVO DUARTE

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS NA
AVALIAÇÃO DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE
LIMEIRA - SP**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte de exigência do Programa de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Professor Luiz Antônio Coimbra Borges
Orientador

Wesley Cardoso Costa
Co-orientador

LAVRAS-MG

2022

RESUMO

A sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas pode ser mensurada por meio de indicadores, elaborados para este fim. Os indicadores avaliam as condições específicas do agroecossistema que são necessárias para a sustentabilidade, para determinar o nível ou condição que esses parâmetros devem manter para funcionar de forma sustentável. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos ambientais de vinte e cinco agroecossistemas no município de Limeira-SP localizadas na Sub Bacia do Ribeirão Tabajara por meio da aplicação da metodologia Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas – ISA. O trabalho foi desenvolvido de forma interdisciplinar e participativa, possibilitando que os indicadores selecionados possibilitem a próxima avaliação da sustentabilidade do agroecossistema de forma significativa e compreensível para os agricultores envolvidos. Em razão da importância estratégica da sub bacia do Tabajara na gestão dos recursos hídricos da região de Limeira, as propriedades selecionadas participaram dos Projetos Integrados de Propriedades, um instrumento da política de instrumento da Política de Recuperação, Conservação e Proteção dos Mananciais da agência de bacia PCJ. De forma geral os níveis de sustentabilidade obtidos foram piores em comparação com outras regiões como a Zona da Mata Mineira, o Alto Parnaíba e a Região do Norte de Minas. Os índices que mais contribuíram para este resultado foram os relacionados a adequação das áreas de preservação permanente, a vegetação nativa e a diversidade da paisagem.

Palavras-chave: Agroecossistemas, Agricultura sustentável, Indicadores de sustentabilidade, Agroecologia, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Sustainability in agricultural establishments can be measured through indicators developed for this purpose. Indicators evaluate specific agroecosystem conditions that are necessary for sustainability and determine the level or condition that these parameters must maintain to function sustainably. Thus, this study aimed to evaluate the environmental aspects of twenty-five agroecosystems in the municipality of Limeira-SP located in the Ribeirão Tabajara Sub Basin through the application of the Sustainability Indicators in Agroecosystems - ISA methodology. This study was developed in an interdisciplinary and participatory manner, enabling the selected indicators to enable the next assessment of the sustainability of the agroecosystem in a meaningful and understandable way for the farmers involved. Due to the strategic importance of the Tabajara sub-basin in the management of water resources in the Limeira region, the selected properties participated in the Integral Property Projects, an instrument of the instrument policy of the Watershed Recovery, Conservation and Protection Policy of the basin agency PCJ. In general, the levels of sustainability obtained were worse compared to other regions such as Zona da Mata Mineira, Alto Parnaíba and the Northern Region of Minas. The indices that most contributed to this result were those related to the adequacy of permanent preservation areas, native vegetation and landscape diversity.

Keywords: Agroecosystem, Sustainable Agriculture, Sustainability Indicators, Agroecology, Sustainability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 Agroecologia: um caminho	7
2.2 Discussão sobre Sustentabilidade.....	9
2.3 Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas (ISA)	11
3 METODOLOGIA	12
3.1 Caracterização da área de estudo	12
3.1.1 Hidrografia da Bacia do Ribeirão Pinhal e sub Bacia do Ribeirão Tabajara	12
3.1.2 Clima	13
3.1.3 Vegetação	13
3.1.4 Geomorfologia	14
3.2 Coleta de dados	14
3.3 Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas	16
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	17
4.1 Resultados.....	17
4.2 Discussão	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento de áreas rurais é um dos principais atores na gestão de áreas desejáveis ao desenvolvimento para lidar com as mudanças climáticas. São sistemas altamente integrados e exigem um nível maior de complexidade administrativa, portanto devem ser compreendidos como agroecossistemas. O agroecossistema é um local para produção agrícola que trabalha a eficiência do processo de transformação de recursos naturais em alimento, de forma sustentável (Holanda, 2003). Por este motivo, segundo Ferreira et al. (2014), o produtor rural tem que planejar, reduzir incertezas, antecipar oportunidades e desafios e avaliar seu desempenho ambiental e socioeconômico, permitindo tomadas de decisão efetivas nesse contexto dinâmico. Os indicadores podem produzir corroborar para um diagnóstico, bem como monitoramento de possíveis mudanças em curso, além de ajudar a promover melhorias em casos mais complexos (FERREIRA, et al. 2014).

Em razão do exposto, com a adequação das instituições agropecuárias, o cumprimento da legislação ambiental, em particular o a Lei nº 12.651 de 2012 denominada Código Florestal Brasileiro, e a adoção de práticas de manejo sustentável que melhorem as atividades produtivas, reduzindo os impactos ambientais, destaca-se a importância da utilização de um programa que avalie o meio rural em todos os seus aspectos e interações. Para auxiliar os produtores no manejo adequado dos sistemas agrícolas, foi desenvolvido o método de Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), aplicado em mais de 500 estabelecimentos rurais do estado de Minas Gerais (FERREIRA et al. 2012). O método corresponde a uma ferramenta de medição do desempenho socioeconômico e ambiental das instituições rurais adotada pelo Projeto Estratégico "Suficiência Socioeconômica e Ambiental das Edificações Rurais", no estado de Minas Gerais, que tem como objetivo avaliar a sustentabilidade nos agroecossistemas de forma prática e com baixo (MINAS GERAIS, 2012).

O método ISA apresenta-se como uma ferramenta de gestão para o produtor, com o objetivo de avaliar o equilíbrio social, econômico e ambiental da organização, identificando pontos-chave ou riscos, bem como pontos positivos e oportunidades de negócios. Além disso, produz uma série de informações úteis para auxiliar o gestor comunitário na identificação dos riscos socioeconômicos, fragilidades ambientais, obstáculos e potencialidades das atividades agrossilvipastoris na escala da sub-bacia

hidrográfica. Além disso, é responsável pela definição e monitoramento em áreas ou situações problemáticas, de programas para induzir a adoção de práticas de suficiência ambiental e social-economia, ou sistemas de reconhecimento e recompensa de produtores por bom desempenho ambiental em larga escala, mas, ao mesmo tempo, devem considerar a especificidade da área na interpretação e utilização do conteúdo da informação produzida.

O método ISA foi elaborado com base em um conjunto de pesquisas sobre indicadores de sustentabilidade, resultando em uma metodologia de fácil aplicação, baixo custo e precisa, que abrange aspectos ambientais, sociais e econômicos. Uma das vantagens desse método é sua relação custo/facilidade, podendo ser aplicado por técnicos ou produtores sem conhecimento especializado em seu agroecossistema. Este que é considerado pela literatura como um local de produção agrícola, compreendido como ecossistema, onde o ser humano, a partir de suas modificações no meio ambiente, produz comida, fibras e outros insumos (CONWAY, 1987; GLIEESMAN, 2001; FERREIRA et al., 2014).

Portanto, o objetivo da metodologia ISA é auxiliar o produtor na gestão do campo, melhorar a qualidade do sistema produtivo e do meio ambiente, e reduzir as fragilidades ambientais dentro dos limites do estabelecimento, que podem colocar em risco a sustentabilidade da agrofloresta. Em razão disso, o objetivo deste trabalho é avaliar os aspectos ambientais de pequenas propriedades rurais no município de Limeira-SP localizadas na Sub Bacia do Ribeirão Tabajara por meio da aplicação da metodologia Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agroecologia: um caminho

Nascida da fusão de duas ciências, agronomia e ecologia, a agroecologia surgiu na década de 1970, mas seu conceito ainda é debatido (GLIESMAN, 2005). De acordo com Gliesman (2005), a agroecologia é uma ciência que aplica conceitos e princípios ecológicos à gestão e ao desenho de um agroecossistema sustentável.

Caporal e Costabeber (2004b, p.11) consideram a agroecologia como "um método científico que visa apoiar a transição das formas atuais de desenvolvimento

rural e agricultura convencional para métodos de desenvolvimento e agricultura sustentável". Segundo estes mesmos autores, existem vários estilos de agricultura baseados na sustentabilidade que recebem nomes diferentes, todos eles decorrentes da utilização dos conceitos da agroecologia.

Esse entendimento é confirmado pela Embrapa, no Marco de Referência em Agroecologia, quando afirma que "a agroecologia é um referencial teórico, que adquire caráter concreto quando aplicado às realidades locais. A experiência local pode confirmar os princípios, mensurar cada um e desenvolver a perspectiva teórica da Agroecologia" (EMBRAPA, 2006, p.25).

Altieri (2004, p.18) refere-se à agroecologia como: uma nova abordagem que combina princípios agrícolas, ambientais e socioeconômicos para compreender e avaliar o efeito da tecnologia nos sistemas agrícolas e na sociedade como um todo. Utilizando os agroecossistemas como unidade de pesquisa, vai além de uma perspectiva unidimensional para incluir dimensões ambientais, sociais e culturais. Comparado aos conceitos básicos da agroecologia, pode-se dizer que as estruturas que fizeram parte desta pesquisa estão mudando para sistemas de produção voltados para o meio ambiente. É impossível dizer que as práticas de manejo adotadas pelos produtores são totalmente compatíveis com os princípios da agroecologia, pois ainda existem muitas limitações técnicas, econômicas, culturais e sociais.

No entanto, a agroecologia é um símbolo, um caminho a seguir e uma grande inspiração para os agricultores que estão dispostos a enfrentar esse grande desafio de sair dos sistemas convencionais de produção. Os princípios da agroecologia promovem a esperança no agroecossistema produtivo e ao mesmo tempo sustentável, como afirmam Altieri e Nicholls (2003, p.146). O principal objetivo dos sistemas agroecológicos é combinar componentes para aumentar a eficiência dos organismos, mantendo a biodiversidade local e a produtividade do agroecossistema e seu alto potencial de autossustentação são mantidos. Portanto, como ciência ou apenas um conjunto de regras e princípios, a agroecologia tem muito a contribuir para muitos tipos de agricultura baseada na natureza e na criação de uma agricultura sustentável. Então, fica a grande questão: é realmente possível ter agroecossistemas sustentáveis? Para responder a essa pergunta, é necessário definir o que é sustentabilidade.

2.2 Discussão sobre Sustentabilidade

Surgiram muitos conceitos que buscam definir a sustentabilidade, muitas vezes apresentando contradições. No entanto, o que é inquestionável é que a sustentabilidade está ligada ao presente e ao futuro da civilização. A busca pela sustentabilidade é um processo contínuo e dinâmico que pode ser constantemente aprimorado. Em geral, os documentos públicos nacionais e internacionais entendem a sustentabilidade como a capacidade de atender às necessidades do presente, sem comprometer o meio ambiente e assim as necessidades de sobrevivência das gerações futuras. É claro que muitos conflitos surgem desse pensamento, como a tão debatida ideia de “necessidades”, para que não se chegue a um consenso sobre o que é, de fato, sustentável. O conceito de sustentabilidade pode variar dependendo de quem o define (ASSAD; ALMEIDA, 2004), e do que se quer apoiar.

Como destacam Lefroy, Bechstedt e Rais (2000, p.138): o conceito de sustentabilidade é um conceito variável no sentido de que o que é sustentável em um lugar pode não ser em outro, e o que foi considerado sustentável em determinado momento pode deixar de ser sustentável hoje ou no futuro porque as condições e as atitudes mudaram.

Além disso, a sustentabilidade varia de acordo com o referencial em que é considerada, especialmente em relação aos contextos socioculturais, econômicos e políticos. O que um grupo considera sustentável pode não ser sustentável para outro grupo. Em relação ao conceito de desenvolvimento rural sustentável, há muitas contradições.

O conceito de desenvolvimento sustentável é utilizado por aqueles que defendem a essência da mudança do sistema produtivo e por aqueles que declaram que é preciso apenas organizar os processos atualmente em uso (FERREIRA et al., 2014).

O agroecossistema não deve ser apenas produtivo pela preservação da qualidade do solo e da água, mas também deve permitir a preservação de outras espécies que o integram. Deve-se notar que se trata de conservação em um sentido amplo. Permitir que a vida existente seja mantida e sustentada é um grande desafio para a matriz paisagística formada pelos sistemas agrícolas. Isso inclui manter a qualidade do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade em todas as escalas. Após destacar a importância do aspecto ambiental da sustentabilidade, é importante

considerar outras dimensões, pois a sustentabilidade só pode ser alcançada se todas forem levadas em consideração. A dimensão social inclui a busca por uma melhor qualidade de vida e inclusão social por meio da produção e consumo de alimentos saudáveis e do desenvolvimento das condições de trabalho, saúde e educação (COSTABEBER; MOYANO, 2000, p.50).

Refere-se também à igualdade e independência, esta última no sentido da capacidade de definir internamente os próprios objetivos, prioridades, identidade e valores. Tamanho econômico significa garantia de estabilidade na produção de alimentos aliada à redução do uso de insumos externos e energia não renovável, reduzindo as externalidades negativas no agroecossistema (CAPORAL; COSTABEBER, 2004).

Para um agroecossistema, um sistema de produção deve ser economicamente viável para ser considerado sustentável. No entanto, é difícil determinar o que é sustentabilidade econômica, que deve considerar não apenas a rentabilidade, mas também a liquidez e a certeza de retorno financeiro (TISDELL, 1996, p.119).

A agricultura sustentável não pode ser reduzida a práticas agrícolas que preservam o meio ambiente, mas deve ser entendida como um processo, não apenas como um conjunto de práticas pré-determinadas (RIGBY; CACERES, 2001).

Gliessman (2005) define um agroecossistema sustentável da seguinte forma: Definimos um agroecossistema sustentável como aquele que preserva a base de recursos de que depende, usa menos recursos não naturais que vêm de fora do sistema de produção agrícola e controla pragas e doenças por meio de controle interno e é capaz de se recuperar de distúrbios causados pelo manuseio e colheita.

Na mesma linha de pensamento, Altieri (2002) sugere logicamente que os princípios básicos de um agroecossistema sustentável são a conservação dos recursos renováveis, a adaptação das espécies cultivadas ao meio ambiente e a manutenção de um nível de produção elevado e sustentável. E segundo esse autor: Um ponto importante na construção de agroecossistemas sustentáveis é entender que existem duas funções ecossistêmicas que devem existir na agricultura: a biodiversidade de microrganismos, plantas e animais e a circulação biológica de nutrientes dos seres vivos. Todos esses fatores devem fazer parte de um agroecossistema sustentável, não apenas a substituição de produtos químicos orgânicos, muitas vezes incluídos no “pacote”, o que torna o agricultor dependente financeiramente.

2.3 Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas (ISA)

Os indicadores podem ser entendidos como um sistema de avaliação que avalia mudanças nas características de um determinado sistema (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002) e auxiliar na avaliação da situação atual e suas tendências comportamentais, bem como estabelecer um período comparativo nas áreas temporal e espacial escala (CORRÊA; TEIXEIRA, 2008).

A avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas visa identificar estratégias e/ou ações que busquem superar e reduzir os efeitos destrutivos das atividades humanas sobre o meio ambiente e, ao mesmo tempo, proporcionar um bom desempenho social e econômico. (SANTANA, 2019).

Os métodos de avaliação da sustentabilidade são uma forma de participar da criação do agroecossistema e orientar o planejamento de ações sustentáveis. Os indicadores podem ser entendidos como uma ferramenta que permite definir parâmetros que auxiliam na avaliação e conseqüente mudança nas características de um determinado sistema, bem como avaliar o estado atual e prever seu comportamento futuro, permitindo sua comparação em escala temporal (FERREIRA et al., 2016).

O uso de programas de avaliação influenciou a utilização de procedimentos que buscam preservar o meio ambiente e que visam reduzir, reduzir e identificar os impactos estabelecidos pela implantação da agricultura, assim, tem sido estabelecido o uso de indicadores de sustentabilidade (SILVA, 2018).

Indicadores entendidos por Marzall e Almeida (2000), como medidas de condições, processos e comportamento de sistemas, podem proporcionar uma integração confiável. Além disso, são formas de medir e avaliar esses sistemas complexos, para que possamos ter uma visão confiável da verdade e representar o ambiente e possamos estabelecer parâmetros que possam definir o estado de uma determinada área (KEMERICH et al., 2014).

Os indicadores de sustentabilidade têm sido identificados como ferramentas utilizadas para monitorar e analisar o desenvolvimento sustentável, responsáveis por capturar tendências de tomada de decisão, orientando o desenvolvimento e monitoramento de políticas e estratégias (KEMERICH et al., 2014).

Existem diversas ferramentas que utilizam indicadores de sustentabilidade para medir o surgimento e/ou existência da sustentabilidade. Nesse sentido, o Índice de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA) utiliza o conceito de sustentabilidade sustentado por um conjunto de indicadores que orientam o agroecossistema no processo de transição da baixa para a alta sustentabilidade (FERREIRA et al., 2016). Essa ferramenta tem caráter geral quando a sustentabilidade é trabalhada nos aspectos social, econômico e ambiental. Dimensões que suportam aspectos relacionados ao planejamento, gestão, conservação, capacitação, acesso e diversidade.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Hidrografia da Bacia do Ribeirão Pinhal e sub Bacia do Ribeirão Tabajara

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pinhal possui área total 30.111,24 hectares e sua maior porção está concentrada no município de Limeira (SP). Subdivide-se em quatro sub-bacias: Alto Ribeirão do Pinhal (9.607,92 ha), Baixo Ribeirão do Pinhal (5.252,45 ha), Ribeirão Tabajara (10.627 ha) e Ribeirão do Pires (4.623,87 ha) (PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA, 2016).

A região da sub-bacia do Ribeirão Tabajara é a de maior extensão dentre as quatro que compõem o Ribeirão Pinhal, e ambos estão entre as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) e fazem parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5).

Situada à leste da zona urbana, o Ribeirão Tabajara é influenciado pela sub-bacia do Ribeirão de Araras (UGRHI 9), ao norte, e desagua no médio curso do Ribeirão Pinhal. Sua rede de drenagem é 131,37km² e possui vazão de 0,193m³/s (PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA, 2016).

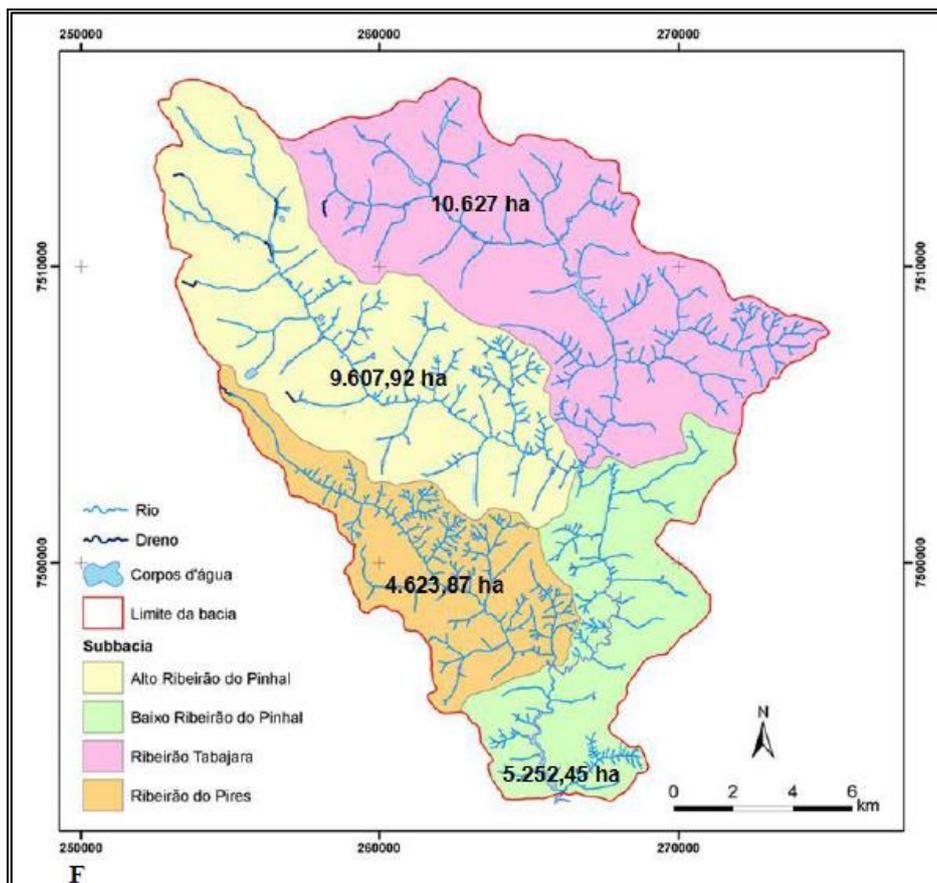


Figura 1 Limites e áreas das sub-bacias do ribeirão do Pinhal. Prefeitura Municipal de Limeira (2016).

3.1.2 Clima

De acordo com a Classificação Climática de Köppen, Limeira possui clima tropical chuvoso (Aw), com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O regime pluvial anual de 1.321mm, tendo seu mês mais seco uma precipitação inferior a 60mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono. (ALVARES et al., 2013). Durante o verão há ocorrência de chuvas intensas e, pelo grande volume de água, surgem alguns pontos de inundação e pontos susceptíveis à processos erosivos. As temperaturas máximas ficam em torno de 30°C no verão, as mínimas de 11°C no inverno.

3.1.3 Vegetação

Originalmente, o município de Limeira é recoberto pelo domínio Mata Atlântica, na formação fito ecológica Floresta Estacional Semidecidual ou em transição com o Cerrado, possuindo a formação Contato Savana/Floresta Estacional Semidecidual

(RADAM, 2009; IPT, 2016). Segundo levantamento realizado pelo MapBiomas (2019), Limeira conta com 3.842 ha de vegetação remanescente, cobrindo 6,6% da extensão do município. A situação dos remanescentes é de fragmentação, com o maior número de fragmentos concentrados em extensões menores que 10 hectares (INSTITUTO FLORESTAL, 2005).

3.1.4 Geomorfologia

Limeira está localizada na região fisiográfica chamada Depressão Periférica Paulista, caracterizada por uma topografia suavemente ondulada (ALMEIDA, 1974). No caráter morfológico, prevalecem no município colinas baixas, possuindo altitudes que variam de 680-700 m divididas por vales sem planícies aluviais nas regiões noroeste e norte. Ao sul, estão presentes colinas mais baixas de até 500m próximo ao vale do rio Piracicaba (LORENZON FILHO, 1982). No lado oeste o relevo é suavizado, já na porção leste do município as encostas são mais onduladas e os topos suavizados (ROSSINI, 2001)

3.2 Coleta de dados

A pesquisa foi realizada em propriedades rurais particulares, de julho à agosto de 2021, localizadas no município de Limeira - SP. As propriedades estão localizadas na sub bacia do Ribeirão Tabajara e participaram dos Projetos Integrals de Propriedades (PIP). O PIP é um instrumento da Política de Recuperação, Conservação e Proteção dos Mananciais da agência de bacia PCJ, aprovada na deliberação dos Comitês PCJ nº 238. Seu objetivo é realizar adequação ambiental das propriedades rurais, sendo financiado pela agência de Bacias PCJ, em parceria com o as prefeituras municipais. Foram avaliadas neste trabalho vinte e cinco propriedades do Lote 2 do PIP de Limeira.

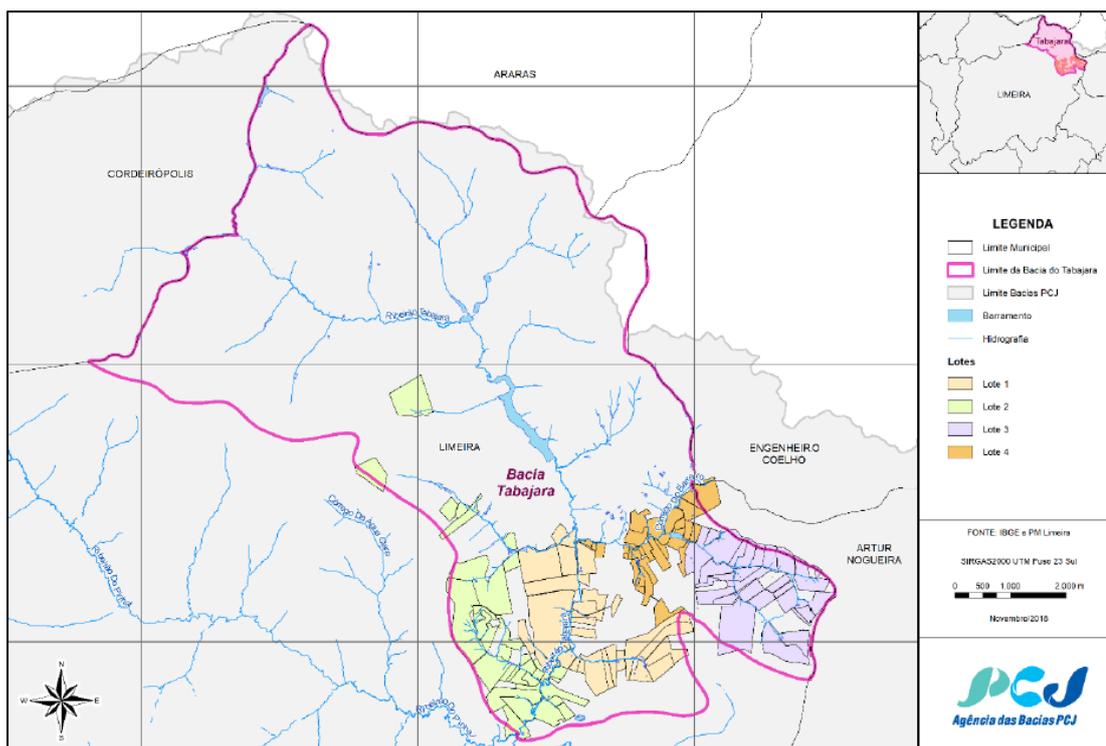


Figura 2 Localização das Propriedades Rurais
Fonte: Agência de Bacias PCJ

Anteriormente a inicialização da coleta de dados foi realizado um projeto piloto com o objetivo de realizar o treinamento da equipe responsável pela execução do PIP Limeira. Neste piloto foram selecionadas sete propriedades rurais pertencentes ao lote 1 onde foi realizada as primeiras coletas de dados acompanhadas por um supervisor com experiência na execução de outros PIPs, resultando em um melhoramento da capacidade técnica da equipe para a execução do trabalho.

Em cada propriedade foi realizada a entrevista com o proprietário ou responsável pela área com o objetivo de levantar informações referentes aos indicadores ambientais. As entrevistas coletaram informações referentes ao sistema produtivo, práticas de conservação do solo, saneamento rural, gestão dos resíduos sólidos e segurança do trabalho.

Para complementação das informações coletadas na entrevista foi realizado o diagnóstico técnico visual do imóvel o qual também avaliou à vegetação nativa, adequação de áreas de preservação permanente, reserva legal, solos degradados e conservação das estradas. No diagnóstico foram registradas fotografias e descrições georreferenciadas da propriedade com auxílio do aplicativo PIP-PCJ Collector. O aplicativo foi desenvolvido pela agência PCJ e contém os dados declarados no CAR

de todas as propriedades visitadas retirados do Sistema Ambiental Paulista Datageo. O mapeamento do uso do solo das propriedades foi elaborado utilizando software de informações geográficas ArcMap, por meio de dados do IGC, imagens de satélite e com as informações coletadas em campo e feições geradas no aplicativo PIP-PCJ Collector.

3.3 Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas

O programa ISA consiste em um método de aplicação simples e de baixo custo, realizado por profissionais capacitados na zona rural, a partir de entrevistas, avaliação física da área e análise de imagens de satélite e de laboratório. É composto por um questionário e um conjunto de 23 indicadores de sustentabilidade que variam de 0 a 1, tendo como base desses parâmetros o valor de 0,7. Todos os dados obtidos são registrados e processados em planilha eletrônica padronizada, criada na plataforma Excel, ilustrada na Figura 3 e disponível como anexo 1. Os dados gerados permitem a classificação e avaliação das estruturas agrícolas, destacando os sistemas de produção, a diversidade das áreas agrícolas, habitats naturais, uso e ocupação do solo, vias de acesso, entre outros. Através da definição do diagnóstico é possível elaborar um programa de adequação técnica para a zona rural onde são apresentadas as vantagens e fragilidades identificadas na zona (FERREIRA et al. 2012).

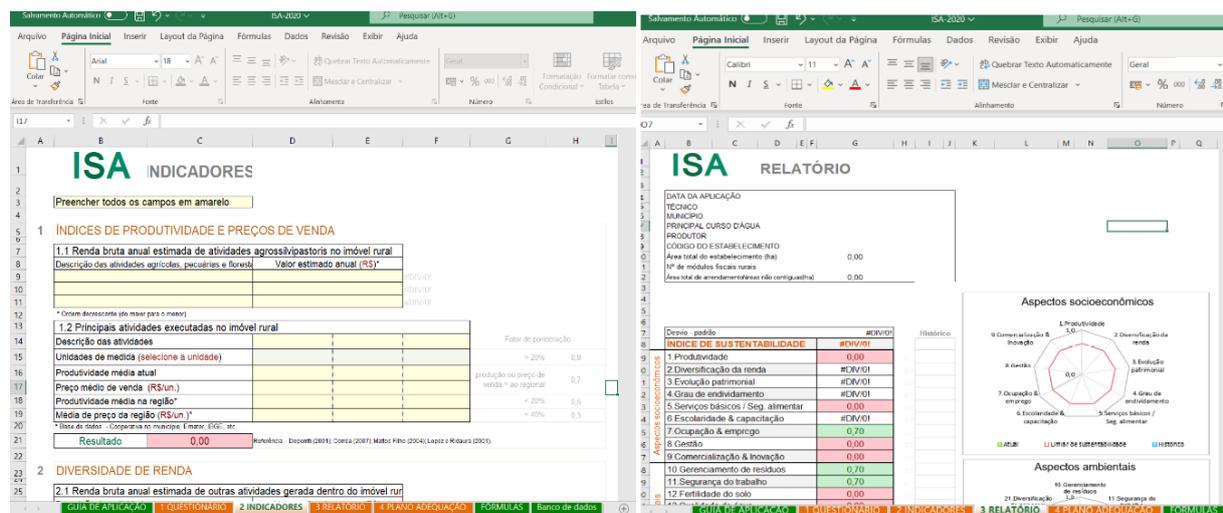


Figura 3 Planilha ISA

Fonte: Do Autor

Com o objetivo de avaliar os aspectos ambientais das propriedades, os indicadores mensurados foram: 1) Gerenciamento de Resíduos, 2) Segurança do Trabalho, 3) Qualidade da Água, 4) Solos em Processo de Degradação, 5) Práticas de Conservação, 6) Estado de Conservação das Estradas, 7) Vegetação Nativa, 8) Estado de Conservação das Áreas de Preservação Permanente APPs, 9) Reserva Legal e 10) Diversificação da paisagem. O resultado dos indicadores é amparado com base na lei 12.651 do código florestal, sendo uma ferramenta importante no trabalho de adequação ambiental das propriedades.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

O presente estudo selecionou 25 propriedades rurais do município de Limeira, as quais todas possuem CAR e são caracterizadas conforme evidenciado na tabela a seguir:

Tabela 1 Características Gerais Das Propriedades

ID	Nome da propriedade	Atividade principal	Área (ha)	Módulos Fiscais
1	Chácara Pinhal	Citricultura	9,82	0,98
17	Chácara São Francisco II	Culturas Temporárias	7,96	0,80
20	Chácara Pinhal	Citricultura	7,66	0,77
21	Chácara Pinhal	Citricultura	7,87	0,79
27	Sítio Wanda	Cana-de-açúcar	62,67	6,27
28	Chácara Pinhal	Culturas Temporárias	60,79	6,08
29	Chácara Pulz	Citricultura	7,11	0,71
31	Chácara Pinhal	Citricultura	6,61	0,66
44	Chácara Kairós	Citricultura	5,51	0,55
45	Sítio Beira Rio	Citricultura	5,08	0,51
47	Sítio Santa Júlia	Citricultura	5,35	0,54
48	Sítio São Francisco	Culturas Temporárias	5,13	0,51
51	Sítio Tanquinho	Pecuária	4,53	0,45
53	Chácara São João	Pecuária	4,47	0,45
56	Chácara Recanto das Laranjeiras	Silvicultura	4,4	0,44
63	Chácara Limeira	Citricultura	4,01	0,40
66	Chácara Bertalho	Citricultura	3,98	0,40
73	Sítio São Francisco	Silvicultura	3,33	0,33
76	Chácara Boa Esperança	Pecuária	3,07	0,31
77	Sítio Areia Branca	Cana-de-açúcar	25,09	2,51

ID	Nome da propriedade	Atividade principal	Área (ha)	Módulos Fiscais
81	Chácara São Francisco	Citricultura	1,97	0,20
83	Sítio Barbosão	Cana-de-açúcar	24,73	2,47
84	Chácara São Sebastião	Citricultura	5,75	0,58
104	Sítio Barbosão	Cana de açúcar	16,77	1,68
106	Sítio Graneiro	Citricultura	14,36	1,44

Fonte: Do autor, 2022

Por meio dos dados coletados em campo e com o auxílio de software de geoprocessamento, foi possível elaborar o mapa do uso do solo (Anexo 2) dos imóveis rurais:

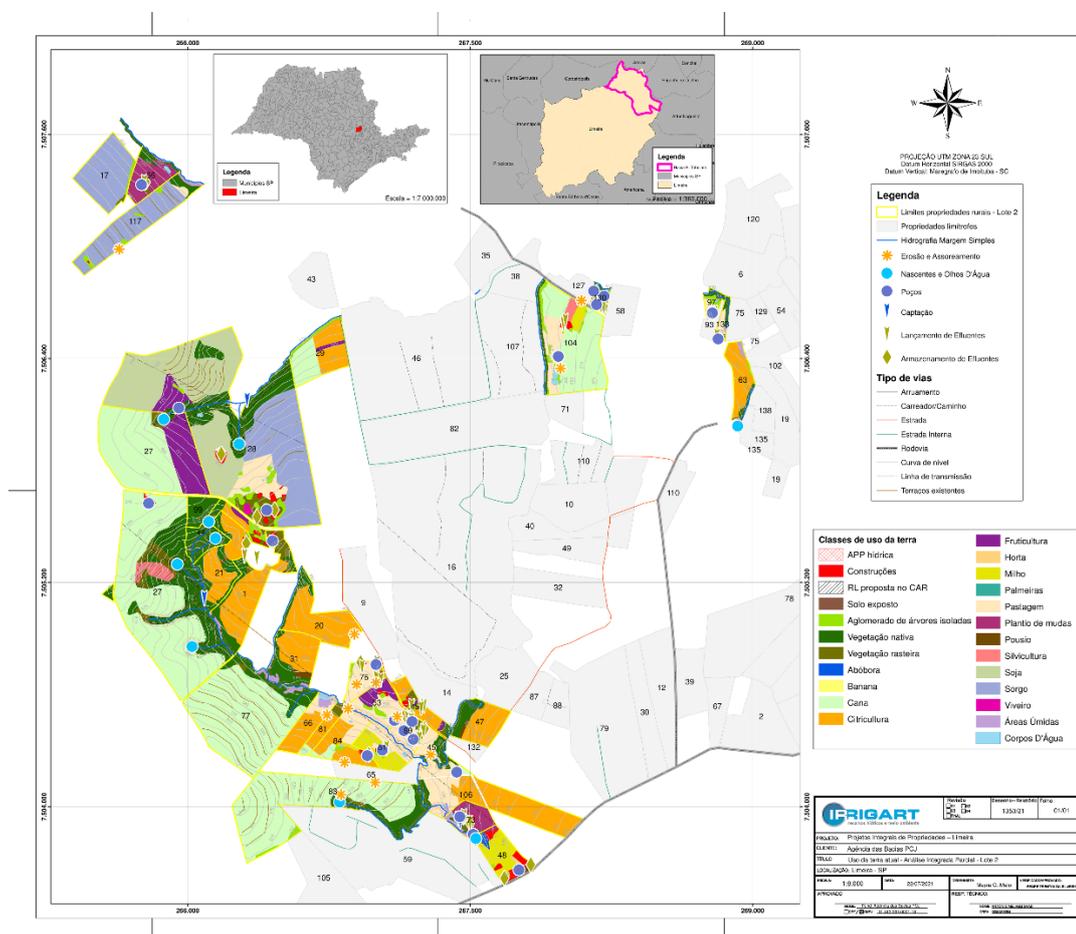


Figura 4 Mapa do uso do solo Atual

Fonte: Irrigart recursos hídricos e meio ambiente, 2021

A tabela a seguir mostra a quantificação do uso do solo resultante da soma das áreas dos imóveis rurais:

Tabela 2 Uso do solo.

Uso do solo	Área (ha)	%
Cana	102,49	33,3%
Vegetação nativa	45,3	14,7%
Citricultura	40,52	13,2%
Soja	25,21	8,2%
Sorgo	23,63	7,7%
Pastagem	21,46	7,0%
Áreas Não Agrícolas	15,75	5,1%
Fruticultura	9,9	3,2%
Vegetação rasteira	7,46	2,4%
Milho	6,09	2,0%
Plantio de mudas	5,41	1,8%
Silvicultura	2,09	0,7%
Pousio	0,88	0,3%
Corpos d'água	0,87	0,3%
Abóbora	0,25	0,1%
Viveiro	0,2	0,1%
Horta	0,12	0,0%
Total	307,63	100%

Fonte: Do autor, 2022

Os resultados dos indicadores dos aspectos ambientais avaliados foram divididos em cinco tabelas, onde os índices considerados insustentáveis estão indicados em vermelho, como demonstrado abaixo:

Tabela 3 - Resultado dos indicadores de sustentabilidades das propriedades ruais 1, 17, 20, 21 e 27

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 1	Propriedade 17	Propriedade 20	Propriedade 21	Propriedade 27
<i>Uso e ocupação do solo atual e histórico (área produtiva)</i>	Lavoura perene de laranja 6,04ha (61,5%)	Lavoura temporária de sorgo 7,60ha (95,5%)	Lavoura perene de laranja 6,61ha (86,2%)	Lavouras perenes 4,85ha (61,6%): Laranja 3,64 ha e Limão: 1,21 ha	Lavouras semi-perene de cana de açúcar 41,77(66,7%) Lavoura perenes 7,35 há (11,7%): Manga: 5,91 há e

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 1	Propriedade 17	Propriedade 20	Propriedade 21	Propriedade 27 Eucalipto: 1,44 ha
<i>Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural</i>	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,60)	Não há geração de efluentes líquidos e/ou gasosos (0,70)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,90)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)
<i>Segurança do trabalho</i>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Qualidade da água</i>	0,92	0,92	0,70	0,82	0,84
<i>Avaliação de áreas com solo em processo de degradação</i>	0,70	0,70	0,93	0,70	0,70
<i>Grau de práticas conservacionistas</i>	Suficiente: 6,04 ha (0,93)	Suficiente: 7,60 (0,93)	Suficiente: 6,61 (0,93)	Suficiente: 4,85 (0,93)	Suficiente: 49,12 (0,93)
<i>Vegetação nativa</i>	Estágio inicial de sucessão: 3,67 ha (37,4%)	Estágio inicial de sucessão: 0,25ha (3,1%)	Estágio inicial de sucessão: 1,06ha (13,8%)	Estágio inicial de sucessão: 2,85ha (36,2%)	Estágio inicial de sucessão: 11,21ha (17,9%)
<i>Adequação das áreas de preservação permanente</i>	0,40 ha (100,0%) (0,70)	0,30 ha (100,0%) (0,70)	0,55 ha (100,0%) (0,70)	0,47 ha (100,0%) (0,70)	5,42 ha (77,0%) (0,44)
<i>Diversidade da passagem</i>	Situação crítica: 6,04 ha (0,22)	Insuficiente: 7,60 ha (0,31)	Suficiente: 6,61 há (0,60)	Suficiente: 4,85 (0,65)	Suficiente: 49,12 (0,44)
<i>Adequação das áreas de reserva legal</i>	1,00	0,70	0,70	1,00	0,52

Fonte: Do autor, 2022

Tabela 4 - Resultado dos indicadores de sustentabilidades das propriedades rurais 28,29,31,44 e 45.

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 28	Propriedade 29	Propriedade 31	Propriedade 44	Propriedade 45
<i>Uso e ocupação do solo atual e histórico (área produtiva)</i>	Lavoura Perene 1,75 ha (3,3%) de Fruticulturas diversas Lavouras temporárias: 41,44 ha (67,5%): Soja 25,21ha e Sorgo 16,03 ha. Pastagem 3,96 ha (6,4%): Gado 3,82 há e ovinos 0,14ha.	Lavouras Perenes 3,84 ha (54%): Laranja 2,73 ha; Maracujá: 0,28ha. Lavoura semi perene de cana-de-açúcar 6,57ha (38,4%)	Lavoura Perene de Laranja: 3,79ha (57,3%)	Lavouras Perenes 0,91 ha (16,5%): Laranja: 0,65 ha e Maracujá: 0,26 ha	Lavouras Perenes 2,02ha (39,8%): Laranja: 1,78ha e Manga: 0,24ha. Pastagem para bovinos: 1,30ha (25,6%)
<i>Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural</i>	Fossa indicada c/ manutenção adequada. Lixo levado pelo produtor. (0,85)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)
<i>Segurança do trabalho</i>	0,43	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Qualidade da água</i>	0,92	0,62	0,70	0,88	0,66
<i>Avaliação de áreas com solo em processo de degradação</i>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,35
<i>Grau de práticas conservacionistas</i>	Suficientes: Lavouras perenes: 2,05 ha; Lavouras temporárias 41,24 ha; Pastagem 3,96ha. (0,93)	Suficiente: Lavouras perenes 3,84 ha; Lavoura semi perene: 2,73 ha (0,73)	Suficiente: Lavouras perenes 3,79 há (0,93)	Suficiente: Lavouras perenes 0,91 ha (0,93)	Suficiente: Lavoura perenes 2,02 ha; Insuficiente : Pastagem 1,10 ha Situação crítica: pastagem 0,20 ha. (0,57)
<i>Vegetação nativa</i>	Estágio médio de sucessão: 9,75 ha (15,9%) (0,99)	Estágio inicial de sucessão:	Estágio inicial de sucessão:	Estágio inicial de sucessão:	Estágio inicial de sucessão:

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 28	Propriedade 29	Propriedade 31	Propriedade 44	Propriedade 45
Adequação das áreas de preservação permanente Diversidade da passagem		0,20 ha (2,8%) (0,56)	2,13 ha (32,2%) (0,75)	3,55 ha (64,4%) (0,73)	1,03ha (20,3%) (0,66)
	4,86 ha (98,0%) (0,68)	0,20 ha (37,0%) (0,12)	0,55 ha (69,6%) (0,36)	2,25ha (100,0%) (0,70)	0,50ha (74,6, %) (0,41)
	Insuficientes: Lavoura permanente: 2,05 ha; Lavoura temporária: 41,24 ha; Pastagem: 3,96 ha (0,47)	Insuficientes: Lavouras perenes e semi perenes 6,57 ha (0,46)	Insuficiente : Lavouras perenes ha 3,79 (0,52)	Insuficiente : Lavouras perenes ha 0,91 (0,42)	Insuficiente : Lavoura perene: 2,02 ha; Situação crítica: Pastagem 1,10 ha; (0,42)
Adequação das áreas de reserva legal	0,58	0,70	1,00	1,00	1,00

Tabela 5 - Resultado dos indicadores de sustentabilidades das propriedades rurais 47,48,51,53 e 56.

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	ÍNDICES				
	Propriedade 47	Propriedade 48	Propriedade 51	Propriedade 53	Propriedade 56
Uso e ocupação do solo atual e histórico (área produtiva)	Lavoura perene de Laranja (3,59ha) (67,1%)	Lavouras temporárias 3,29 ha (64,1%) Milho 2,77ha; Abóbora 0,25ha; Hortaliças 0,12ha; Viveiro 0,15ha;	Lavoura temporária Milho 2,36ha (52,1%) Pastagens: 1,88 ha (41,5%) Bovinos= 1,79 há e Caprino 0,09 ha.	Lavoura perene de manga 1,36 ha (30,4%) Pastagem para bovinos 2,69 ha (60,2%)	Silvicultura de eucalipto 3,29ha (74,8%)

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	ÍNDICES				
	Propriedade 47	Propriedade 48	Propriedade 51	Propriedade 53	Propriedade 56
<i>Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural</i>	0,93	Fossa rudimentar; fossa negra. Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,81)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)	Fossa rudimentar; fossa negra. Lixo levado pelo produtor. (0,68)
<i>Segurança do trabalho</i>	0,43	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Qualidade da água</i>	0,92	0,92	0,50	0,50	0,92
<i>Avaliação de áreas com solo em processo de degradação</i>	0,70	0,70	0,70	0,22	0,70
<i>Grau de práticas conservacionistas</i>	Suficiente: Lavoura perene 3,59 ha (0,93)	Suficiente: Lavoura temporária 3,29 ha (0,93)	Suficiente: Lavoura temporária 2,36 há Insuficiente: Pastagens 1,88 ha (0,56)	Suficiente: Lavoura perene 1,36 ha Insuficiente: Pastagens 2,69 ha (0,47)	Suficiente: Lavoura perene 3,14 ha (0,93)
<i>Vegetação nativa</i>	Estágio inicial de sucessão: 1,59 ha (29,7%) (0,73)	Estágio inicial de sucessão: 0,22 ha (4,3%) (0,56)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Estágio inicial de sucessão : 0,70 ha (15,9%) (0,70)
<i>Adequação das áreas de preservação permanente</i>	0,68ha (100%) (0,70)	0,22 ha (55%) (0,24)	0,00 ha (0,00%) (0,00)	0,00 ha (0,00%) (0,00)	0,31 há (59,6%) (0,27)
<i>Diversidade da passagem</i>	Insuficiente: Lavoura perene	Suficiente: Lavoura temporária 0,52 ha	Insuficiente: Lavoura temporária 2,36 ha	Insuficiente: Lavoura perene: 1,36 há	Insuficiente: Lavoura perene:

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	ÍNDICES				
	Propriedade 47	Propriedade 48	Propriedade 51	Propriedade 53	Propriedade 56
	3,59 ha (0,34)	Insuficiente: Lavoura temporária = 2,77 há (0,49)	Situação crítica: Pastagens 1,88 ha (0,35)	Situação crítica: Pastagens 2,69 ha (0,29)	3,29 ha (0,37)
Adequação das áreas de reserva legal	1,00	0,70	0,70	0,70	0,70

Fonte: Do autor, 2022

Tabela 6 - Resultado dos indicadores de sustentabilidades das propriedades ruais 63,66,73,76 e 77.

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	índices				
	Propriedade e 63	Propriedade e 66	Propriedade e 73	Propriedade e 76	Propriedade e 77
Uso e ocupação do solo atual e histórico	Lavoura perene de Laranja (3,14 ha) (78,3%)	Lavoura perene de Laranja 2,71 ha (68,1%) Pastagens 0,81 ha (20,4%)	Silvicultura Produção mudas e árvores nativas 1,97 ha (59,7%)	Pastagens para bovinos 2,49 ha (81,1%)	Lavoura semi-perene de cana de açúcar 21,52ha (85,8%)
Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Fossa rudimentar; fossa negra. Lixo levado pelo produtor. (0,68)	Ausência de coleta e tratamento de esgoto. Lixo levado pelo produtor. (0,42)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)
Segurança do trabalho	0,43	0,70	0,70	0,70	0,70
Qualidade da água	0,68	0,62	0,68	0,60	0,70

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	índices				
	Propriedad e 63	Propriedad e 66	Propriedad e 73	Propriedad e 76	Propriedad e 77
<i>Avaliação de áreas com solo em processo de degradação</i>	0,70	0,64	0,70	0,28	0,70
<i>Grau de práticas conservacionistas</i>	Suficiente : Lavoura perene 3,14 ha (0,93)	Insuficiente: Lavoura permanente 2,71 ha Situação crítica: Pastagens 0,81 ha (0,64)	Suficiente: Silvicultura 1,97 ha (0,93)	Insuficiente: pastagem 2,49 ha (0,33)	Suficiente: Lavoura semi perene 21,52 ha (0,93)
<i>Vegetação nativa</i>	Estágio inicial de sucessão: 0,38 ha (9,5%) (0,70)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Estágio inicial de sucessão: 0,21 ha (6,4%) (0,70)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Estágio inicial de sucessão: 2,97 ha (11,8%) (0,70)
<i>Adequação das áreas de preservação permanente</i>	0,31 ha (59,6%) (0,27)	0,00 ha (0,0%) (0,00)	0,16 ha (29,0%) (0,08)	0,00 ha (0,0%) (0,00)	0,90 ha (100%) (0,70)
<i>Diversidade da paisagem</i>	Insuficiente: Lavoura perene 3,14 ha (0,37)	Insuficiente: Lavoura perene 2,71 há Situação crítica: Pastagens 0,81 há (0,40)	Suficiente: Silvicultura 1,78 ha (0,64)	Insuficiente: Pastagem 2,49 ha (0,27)	Insuficiente: Lavoura Semi perene 21,52 ha (0,37)
<i>Adequação das áreas de reserva legal</i>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Fonte: Do autor, 2022

Tabela 7 - Resultado dos indicadores de sustentabilidades das propriedades ruais 81, 83,84,104 e 106

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 81	Propriedade 83	Propriedade 84	Propriedade 104	Propriedade 106
Uso e ocupação do solo atual e histórico	Lavoura perene de Laranja 1,25 ha (63,5%) Lavoura semi perene de Cana-de-açúcar 0,30 ha (15,2%)	Lavoura semi perene de Cana-de-açúcar 20,66 ha (83,5%)	Lavouras perenes 2,92 ha (50,8%), Lavoura semi perene de cana-de-açúcar 0,53 ha (9,2%) Lavouras temporárias 0,22 ha 3,8%) Pastagens 1,67 ha (29%)	Lavouras semi perene de cana-de-açúcar 10,52 ha (62,7%), Lavouras temporárias de milho 0,74 ha(4,4%) Pastagens para bovinos 3,46 ha (20,6%) Silvicultura 0,65 ha (3,9%)	Lavouras permanentes de laranja 8,71 ha (60,7%) Pastagens para bovinos 4,16 ha (29%)
Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural.	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas. Lixo levado pelo produtor. (0,93)	Fossa rudimentar; fossa negra. Lixo levado pelo produtor. (0,68)	Fossa rudimentar; fossa negra. Lixo levado pelo produtor. (0,68)	Fossa rudimentar; fossa negra. Lixo levado pelo produtor. (0,68)
Segurança do trabalho	0,70	0,70	0,43	0,70	0,70
Qualidade da água	0,62	0,86	0,50	0,54	0,54
Avaliação de áreas com solo em processo de degradação	0,45	0,35	0,35	0,35	0,55
Grau de práticas conservacionistas	Insuficientes Lavouras perenes e semi perenes 1,55 ha (0,33)	Insuficiente: Lavoura semi perene 20,66 ha Situação crítica: Lavoura semi perene 0,10 ha (0,33)	Suficiente: Lavoura permanente de 3,45 ha Insuficiente: Lavoura temporária 0,22 ha e Pastagem 1,62 há	Insuficiente: Lavouras permanentes 10,52 há Lavouras temporárias 0,74 ha Pastagens 3,46 há Suficiente: Silvicultura 0,65 ha	Suficiente : Lavoura permanente 8,71 ha Insuficiente: Pastagens: 4,16 ha (0,60)

ASPECTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS	Índices				
	Propriedade 81	Propriedade 83	Propriedade 84	Propriedade 104	Propriedade 106
			Situação crítica: pastagem 0,05 (0,59)	(0,35)	
Vegetação nativa	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Estágio inicial de sucessão: 3,53 ha (14,3%)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Não há vegetação nativa na propriedade (0,00)	Estágio inicial de sucessão: 0,89 ha (6,2%) (0,70)
Adequação das áreas de preservação permanente	0,00 ha (0,0%) (0,00)	1,95 ha (97,0%) (0,66)	0,00 ha (0,0%) (0,00)	0,00 ha (0,0%) (0,00)	0,61 ha (46,0%) (0,18)
Diversidade da paisagem	Inuficiente: Lavoura perene e lavoura semi perene 1,55 ha (0,40)	Insuficiente: lavoura perene 20,66 ha (0,38)	Insuficientes: Lavoura perene 3,45 ha, Lavoura temporária 0,22 ha Pastagem 1,67 ha (0,46)	Insuficientes: Lavouras permanentes 10,52 ha Lavouras temporárias 0,74 ha Pastagens 3,46 ha Silvicultura 0,65 ha (0,53)	Insuficientes: Lavoura perene: 8,71 ha Pastagens 4,16 ha (0,47)
Adequação das áreas de reserva legal	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Fonte: Do autor, 2022.

Para avaliar o resultado das propriedades nos aspectos ambientais, foi construído um gráfico para cada indicador que mostra a proporção de imóveis sustentáveis e insustentáveis, e informações pertinentes das propriedades que não atingiram a sustentabilidade:

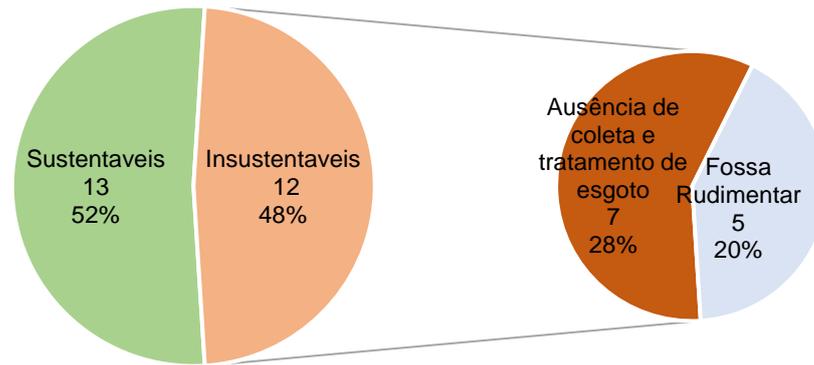


Figura 5: Gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural

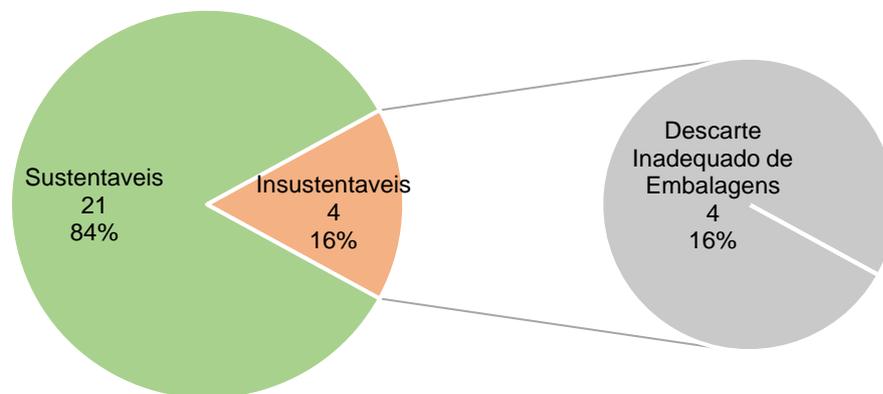


Figura 6: Segurança do trabalho.

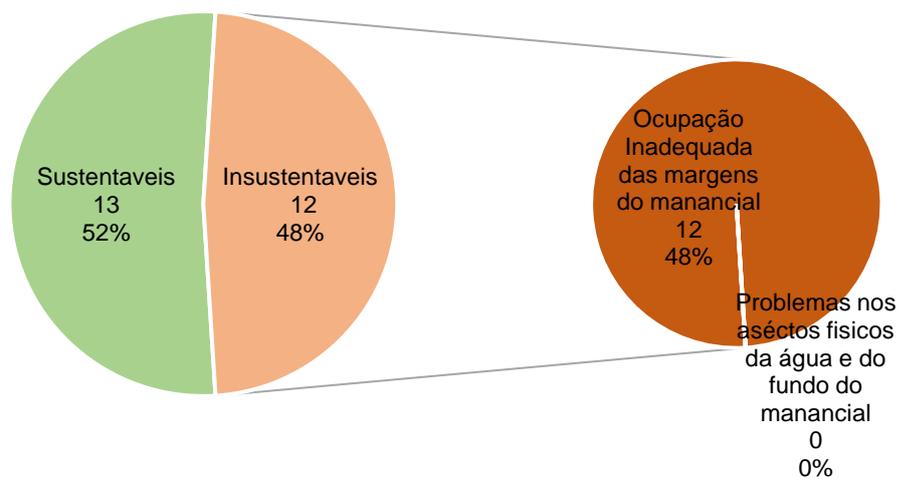


Figura 7: Qualidade da água

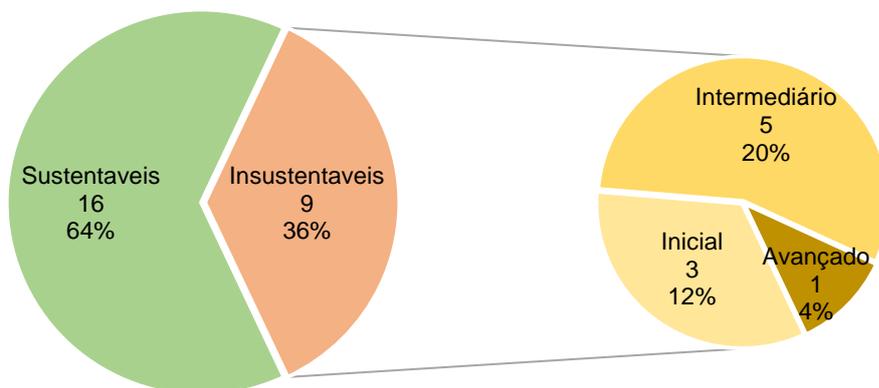


Figura 8: Avaliação de áreas com solo processo de degradação.

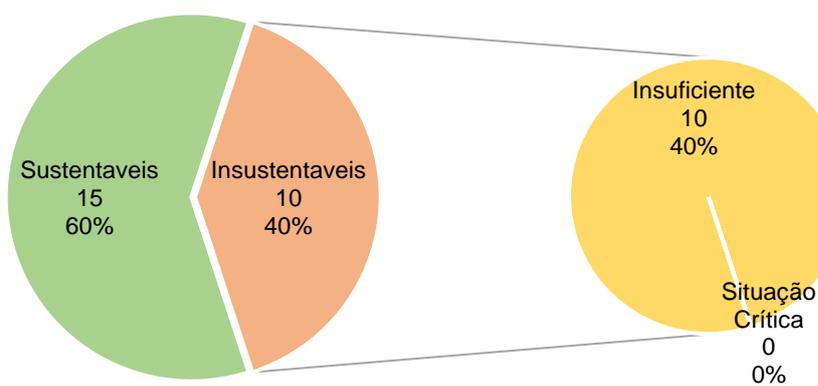


Figura 9: Grau de adoção de práticas para conservação do solo.

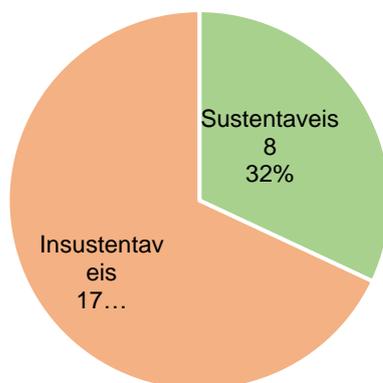


Figura 10: Estado de conservação das estradas nos limites do imóvel rural.

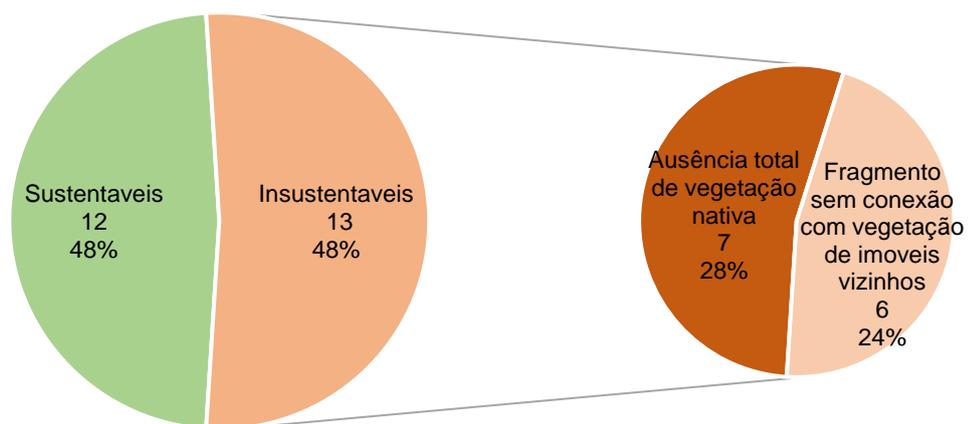


Figura 11: Vegetação Nativa

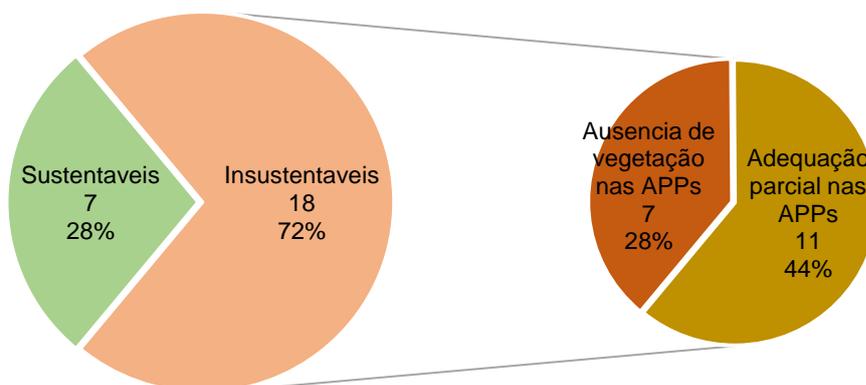


Figura 12: Adequação das áreas de preservação permanente

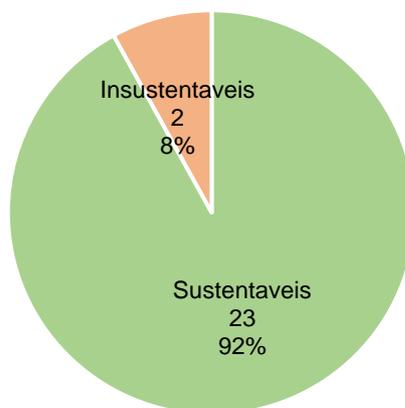


Figura 13: Adequação da Reserva Legal.

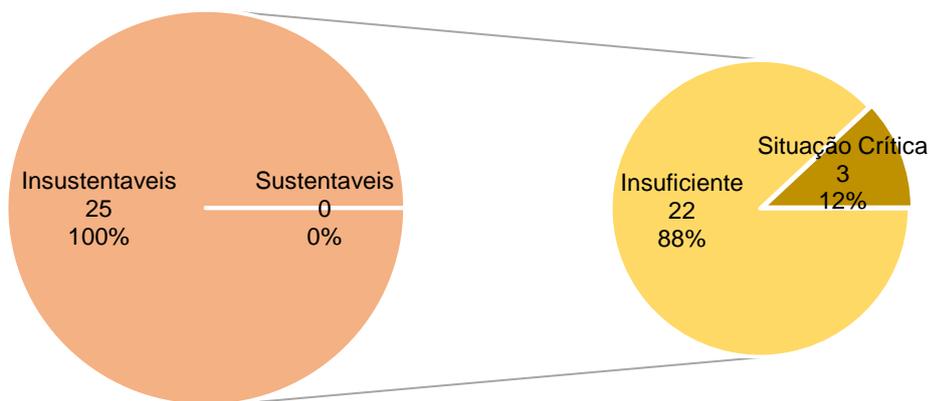


Figura 14: Diversidade da Paisagem

Para avaliar o nível de sustentabilidade das propriedades rurais de maneira geral, foi elaborado um gráfico com a média de todos os índices mensurados:

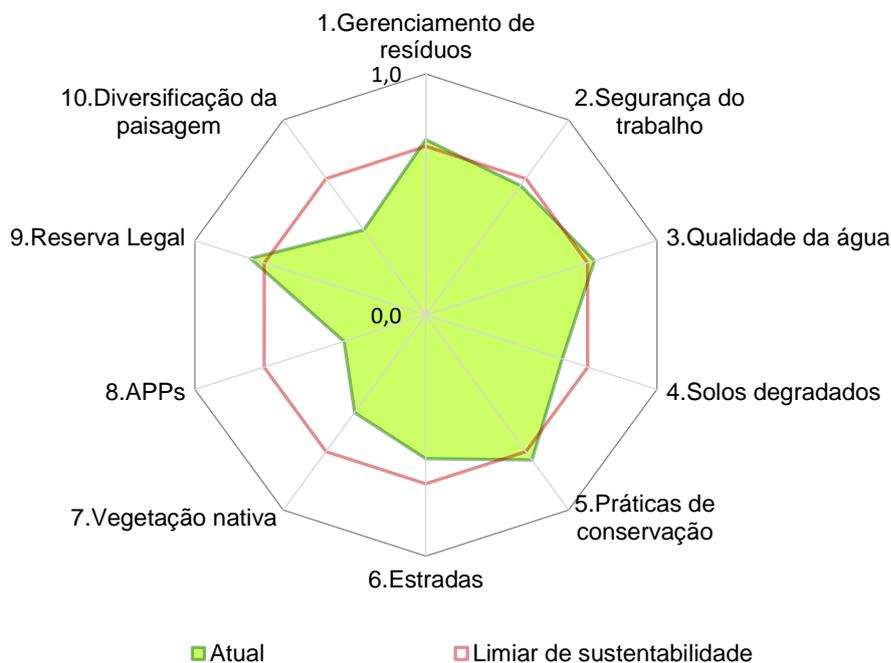


Figura 15: Resultado geral dos índices de sustentabilidade dos imóveis.

4.2 Discussão

O indicador de sustentabilidade com o pior resultado fora o de Adequação das APPs que variou entre 0,00 e 0,70, onde 7 propriedades apresentam ausência total de vegetação nativa nas APPs e 11 possuem apenas uma adequação parcial e apenas 7 atingiram o índice considerado adequado. O indicador de vegetação nativa teve um desempenho melhor variando entre 0,00 e 0,99, onde 12 propriedades atingiram o nível adequado de sustentabilidade. Isso se deve ao fato de que há propriedades que possuem vegetação nativa fora das APPs. Um ponto importante a ser ressaltado é que todos os fragmentos de vegetação exceto um apresentaram estado inicial de sucessão. Os 13 imóveis com nível insustentável se caracterizam por ausência total de vegetação nativa, ou presença de fragmentos isolados, sem conexão com fragmentos das propriedades vizinhas.

As APPs então diretamente associadas a sustentação de processos ecológicos que permitem a manutenção da exploração econômica de atividades relacionadas à produção de recursos nas áreas rurais (FISHER & SÁ (2007). Interferências nas APP compromete a o reabastecimento de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea, perda de solo, prejudica a saúde da humana e degradação dos mananciais, além de comprometer a produção de alimentos. (TUNDISI & TUNDISI, 2010; SILVA et al., 2011). Dessa forma é indispensável a restauração e conservação as APPs das propriedades que não atingiram os índices considerados sustentáveis.

O segundo pior indicador foi o de diversidade de paisagem variando entre 0,22 e 0,65, onde nenhum imóvel atingiu o nível adequado de sustentabilidade em razão do baixo grau de adoção de práticas que auxiliem na indução da agrobiodiversidade. As propriedades com pior desempenho realizam sucessão com a mesma cultura associada com áreas de cobertura vegetal ausente. As propriedades com melhor desempenho apresentaram práticas como rotação de cultura, consorcio e boa cobertura vegetal.

O indicador de estado de conservação das estradas também teve um resultado ruim, variando entre 0,23 e 0,93 onde apenas 8 propriedades apresentaram um valor adequado de sustentabilidade. A propriedades com piores resultados possuem

estadas com sulcos e erosões, buracos e ausência de práticas conservacionistas como abaulamento das estradas ou caixas de infiltração.

A gestão de resíduos sólidos e efluentes gerados nas propriedades teve um resultado intermediário. Os indicadores variaram entre 0,42 e 0,93, onde 13 propriedades atingiram um nível adequado de sustentabilidade. A destinação dos resíduos sólidos particularmente contribuiu para a melhoria dos resultados, visto que todas as propriedades levam seus resíduos até os pontos de coleta. Contudo em relação aos efluentes 7 imóveis apresentam situação crítica, onde não há sistema de coleta dos efluentes domésticos, sendo lançados diretamente no solo à céu aberto.

O indicador de qualidade da água teve um resultado intermediário variando entre apesar variando entre 0,50 e 0,92. Apesar de 12 propriedades não terem atingido o parâmetro de sustentabilidade, os valores não estão tão baixos entre 0,50 e 0,68, indicando que as propriedades estão próximas a atingir o limiar desejável. As propriedades com pior resultado apresentam ausência de cobertura vegetal e alteração de origem doméstica nos mananciais.

Dentro os melhores resultados está o indicador de adoção de práticas para conservação do solo variando entre 0,33 e ,0,93, onde 16 propriedades atingiram valores adequados de sustentabilidade. Contudo as propriedades com pior índice atingiram valores muito baixos, resultantes da ausência total de práticas conservacionistas. O correlacionado de avaliação de áreas com processos de degradação do solo teve resultado similar variando entre 0,22 e 0,70, considerando que o valor máximo atingível desde aspecto é 0,70. Foram um total de 15 propriedades que atingiram o limiar de sustentabilidade, apresentando ausência de processos de degradação dos solos. Entretanto os imóveis com piores resultados apresentaram processos de degradação em estágios intermediários ou críticos com tendencia de intensificação.

O indicador de Reserva Legal foi o de melhor desempenho numérico variando de 0,52 à 1,00, onde 23 propriedades atingiram o nível adequado de sustentabilidade. Contudo as propriedades com resultado positivo possuem menos de 4 módulos fiscais, as quais segundo a Lei 12.651 a Reserva Legal é constituída com a área ocupada com vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008, vedada novas conservações para o uso alternativo do solo. As duas únicas propriedades com mais de 4 módulos não atingiram o resultado desejável em razão da quantidade insuficiente de vegetação nativa nas suas áreas de RL. Ao interpretarmos o resultado

considerando esses fatores é possível concluir em geral que o desempenho foi insuficiente.

O melhor resultado foi o aspecto da segurança do trabalho que variou entre 0,47 e 0,70, considerando que o valor 0,70 é o maior atingível. Ao todo foram 21 propriedades que atingiram a sustentabilidade e a penas 4 tiveram o resultado negativo por causa da destinação inadequada das embalagens de agrotóxicos. Problemas com o uso de EPI e armazenamento de embalagem não foram identificados.

Os resultados gerais das propriedades variaram entre 0,37 e 0,72, se observando disparidade entre mais sustentável e a menos sustentável. O período de teste do projeto ISA realizado na Zona da Mata mineira no município de Araponga em estabelecimentos pequenos apresentou resultados gerais que variaram entre 0,52 e 0,80, onde os estabelecimentos com manejo de café agroecológico tiveram os melhores resultados. Na região do Alto Paranaíba em propriedades onde se pratica uma agricultura de alta tecnologia e alto rendimento os resultados variarem entre 0,64 e 0,68. Já na região Norte de Minas nos municípios de Diamantina e Montes Claros, em imóveis de assentamentos familiares os valores variaram entre 0,63 e 0,75 (FERREIRA, 2012).

Comparando os resultados da região de Limeira com as outras regiões citadas, é possível perceber que os estabelecimentos de Limeira com pior resultado estão bem abaixo dos piores estabelecimentos das demais regiões. Estes valores mais baixos estão relacionados principalmente às propriedades que apresentaram indicadores de sustentabilidade 0,00 em aspectos da vegetação nativa e da adequação das áreas de preservação permanente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo foi possível comparar mensurar o grau de sustentabilidade de vinte e cinco agroecossistemas localizados em uma mesma realidade temporal e espacial, destacando os pontos fracos e fortes dos mesmos. A ferramenta ISA mostrou-se suficiente para avaliar a sustentabilidade, auxiliando no diagnóstico dos principais aspectos ambientais associados ao desenvolvimento sustentável.

As pequenas propriedades rurais analisadas no município de Limeira – SP localizadas na sub bacia do Ribeirão Tabajara em geral apresentaram um baixo nível de sustentabilidade visto que apenas oito propriedades atingiram o valor 0,70, o limiar considerado adequado pela metodologia ISA. Os dezessete estabelecimentos com resultado inadequado apresentam variados problemas nos aspectos ambientais, são dos mais preocupantes os relacionados a vegetação nativa, adequação de APPs e diversidade da paisagem.

Conclui-se que a restauração da vegetação nativa bem como a adequação das áreas de APP chave para a elevação dos níveis de sustentabilidade dos agroecossistemas analisados no município de Limeira. A diversificação de cultivos e a adoção de práticas que auxiliam a indução da agrobiodiversidade também se demonstraram elementos chave para a elevação dos sistemas de produção a níveis elevados de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **Agroecologia – A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110p.

ASSAD, M. L.; ALMEIDA, J. **Agricultura e Sustentabilidade – contexto, desafios e cenários**. Ciência & Ambiente, Santa Maria, n.29, p.15-30, jul./dez. 2004.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004b. 24p.

CONWAY, G.R. **The Properties of Agroecosystems**. Agricultural Systems. 24:95-117.1987.

COSTABEBER, J. A.; MOYANO, E. **Transição Agroecológica e Ação Social Coletiva**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.1, n.4, p.50- 60, out./dez. 2000.

EMBRAPA. **Marco Referencial em Agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70p.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.4, p.44-52, 2002.

FERREIRA, A. G. et al. **Agroecologia e educação ambiental**. In: SOGLIO, F. D; KUBO, R. R. Desenvolvimento, agricultura e sustentabilidade. Toledo: Editora Ufrgs, 2016. Cap. 10. p. 133-143.

FERREIRA, J. M. L.; MARTINS, M. R.; CABRAL, L. L. F. B.; TERRA, J. O. L. **Gestão ambiental: o papel protagonista do produtor rural**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, ed. especial, v. 35, p. 26-38, 2014.

FERREIRA, J. M. L. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, p. 12-25. dez. 2012.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável – 2ª ed.** – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia – Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 653p.

HOLANDA, Francisco S. Rodrigues. **A gestão dos recursos hídricos e a sustentabilidade de agroecossistemas**. Informe UFS, São Cristóvão, ano IX – Nº312 – 9 de janeiro de 2003.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Imprensa oficial, 2005. 200p. Acesso em: < <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2005/03/inventario-florestal-da-vegetacao-natural-do-estado-de-sao-paulo/>>

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. **Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações**. REMOA - V. 13, N. 5, p. 3723-3736, 2014: Edição Especial LPMA/UFSM.

LEFROY, R. D. B.; BECHSTEDT, H; RAIS, M. **Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand**. Agriculture, Ecosystems and Environment, n.81, p.137-146, 2000.

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.

MINAS GERAIS. Decreto nº 46.113, de 19 de dezembro de 2012. **Aprova a Metodologia Mineira para Aferição do Desempenho Socioeconômico e Ambiental de Propriedades Rurais**. Minas Gerais, Belo Horizonte, 20 dez. 2012. Diário do executivo, p.2.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LIMEIRA. **Plano Municipal de Recursos Hídricos 2016-2020**. 2016, 88p.

RIGBY,D.;CÁCERES,D. **Organic farming and the sustainability of agricultural systems**. Agricultural Systems, n.68, p.21-40, 2001.

SANTANA, A. P. S. **Aspectos da sustentabilidade nas explorações do milho em assentamentos rurais no centro oeste de Sergipe**. 2019. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SILVA, C. S. **Avaliação da sustentabilidade do sistema de produção do milho em assentamentos rurais no município de Simão Dias-SE, utilizando o método ISA**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente., Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão-SE, 2018.

TISDELL, C. **Economic indicators to assess the sustainability of conservation farming projects: an evaluation**. Agriculture, Ecosystems and Environment, n.57, p.117- 131, 1996.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos**. Biota Neotropica, Campinas. v.10, n. 4, p. 67-76. 2010.

Anexo 1 Planilha ISA

Anexo 2 Mapa de uso do solo