


ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDEX AS A MANAGEMENT TOOL FOR AGRIBUSINESS APPLIED TO A PROPERTY IN CACOAL/RO

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-002>

Elaine Cunha de Arruda

Discente do curso Tecnólogo em Agronegócio, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO campus Cacoal
E-mail: elainecunha.arruda@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1369232227985748>

Juliano Cristhian Silva

Professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico, Coordenação Geral da Rede de Núcleos Incubadores de Empreendimentos do IFRO, Coordenação do Eixo de Empreendedorismo e Inovação do Projeto Cidades Inteligentes, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO campus Cacoal
E-mail: juliano@ifro.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3496211980778375>

RESUMO

Em suma, observaremos o conceito de agroecossistema, sustentabilidade, e indicadores de sustentabilidade. Porém, sustentabilidade não dispensa o avanço tecnológico, e através do AGRO 5.0 é possível garantir determinada eficiência com sustentabilidade e disponibilidade às lavouras. O objetivo desse trabalho de conclusão de curso é apresentar o resultado da aplicação da ferramenta ISA (Índice de Sustentabilidade Ambiental), em uma propriedade de café especial situada em Cacoal, interior de Rondônia. A mesma é produtora de café especial do tipo Robusta (*Coffea Canephora*). O propósito da aplicação da ferramenta ISA consiste na medição do Índice de Sustentabilidade, entretanto considerando os aspectos econômicos, ambientais, e de fertilidade do solo. A aplicação da ferramenta ISA ocorreu por meio de preenchimento de questionário no aplicativo Excel ISA, onde foram inseridos dados e informações colhidas na referida propriedade, e ao final do processo, foram gerados os gráficos que representam cada um dos itens analisados e uma nota geral do índice de sustentabilidade da propriedade. A aplicação da ferramenta ISA, mostrou-se satisfatória na avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental do empreendimento. Além de reforçar os pontos positivos que impactam diretamente na agregação de valor ao café especial produzido na propriedade.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Café especial; Agronegócio.

ABSTRACT

In short, we will observe the concept of agroecosystem, sustainability, and sustainability indicators. However, sustainability does not dispense with technological advancement, and through AGRO 5.0 it is possible to guarantee efficiency, sustainability and availability to crops. The objective of this course completion work is to present the results of applying the ISA (Environmental Sustainability Index) tool on a property a specialty coffee located in Cacoal, in the interior of Rondônia. It produces special robusta coffee (*Coffea Canephora*). The purpose of applying the ISA tool is to measure the Sustainability Index, however, considering the economic, environmental and soil fertility aspects. The application of the ISA tool occurred by filling out a questionnaire in the Excel ISA application, where data and information collected on the said property were entered, and at the end of the process, graphs were generated that represent each of the analyzed items and a general score of the property sustainability index. The application of the ISA tool proved to be satisfactory in assessing the socioeconomic and environmental sustainability of the Project. In addition to reinforcing the positive points that directly impact on adding value to the specialty coffee produced on the property.

Keywords: Sustainability; Special coffee; Agribusiness.

1 INTRODUÇÃO

Por meio de uma breve análise histórica global, percebe-se que o desenvolvimento sustentável tem sido uma preocupação desde a Conferência de Estocolmo, em 1972, que ocasionou na Declaração de Estocolmo e na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Essa trajetória percorreu várias conferências das Nações Unidas, que abordaram questões ambientais e sociais específicas, incluindo a Rio-92 e a Agenda 21. Desde então, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem desempenhado um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável (Mendes, 2015, p. 68-69).

Assim, a partir de 2015, com a criação da Agenda 2030, seguiu-se a estruturação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles o que traz a luz da pesquisa, é o Fome Zero e Agricultura Sustentável, que visa reduzir a fome, garantir a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável (ONU Brasil, 2024).

Por ser uma preocupação de grande relevância, atualmente, o Brasil se posiciona como palco de importantes eventos globais voltados ao desenvolvimento sustentável e às políticas ambientais, com a realização do G20 em 2024, e da COP30 previsto para 2025. A Cúpula Social do G20, realizada em novembro de 2024 no Rio de Janeiro, reúne as principais economias globais, União Europeia e União Africana sob o tema: Construindo um mundo justo e um planeta sustentável. Em continuidade, a COP30

em Belém - Pará, será uma oportunidade decisiva para avaliar os avanços das metas climáticas e adaptar as políticas às crescentes demandas ambientais. A localização da conferência na Amazônia facilita o contato direto com o bioma e suas comunidades, promovendo equilíbrio entre a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável no cenário global (Ramos; Garcia, 2024).

Nesse contexto global, a escassez de recursos naturais, as mudanças climáticas, a urbanização crescente e a produtividade agrícola decrescente em alguns lugares destacam a importância de abordar questões ecológicas na produção de alimentos. A agroecologia e a implantação de agroecossistemas são consideradas alternativas viáveis para melhorar a qualidade dos alimentos e a conscientização dos produtores e da sociedade, como sugerido por Steve Gliessman, professor de Agroecologia da Universidade da Califórnia (Mendes, 2015).

No Brasil, o projeto estratégico denominado Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades Rurais, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), surgiu para orientar os produtores na gestão de suas atividades produtivas, promovendo a sustentabilidade (Da Costa, et al., 2013).

Uma ferramenta importante para essa avaliação é o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), um sistema integrado que avalia o desempenho socioeconômico e ambiental das propriedades rurais. Essa ferramenta gera índices com variação de 0 a 1, estabelecido 0,7 como limite de sustentabilidade. Com base nesses dados, os produtores podem desenvolver estratégias para melhorar a gestão de suas propriedades (Da Costa, et al., 2013).

Assim, o trabalho realizado explora os conceitos de agroecossistemas, sustentabilidade e indicadores de sustentabilidade, através da metodologia ISA, com o objetivo de determinar o Índice de Sustentabilidade do empreendimento de café especial, localizada em Cacoal - Rondônia, que recebeu reconhecimento e prêmios.

2 AGROECOSSISTEMA, SUSTENTABILIDADE, E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Adiante, o referencial teórico será apresentado em tópicos, afim de organizar os principais conceitos que fundamentam esta pesquisa, e facilitar a compreensão dos temas abordados, possibilitando uma análise mais clara das bases teóricas que sustentam o estudo. Dessa forma, busca-se estabelecer um diálogo consistente entre a teoria e a realidade observada na pesquisa de campo.

2.1 AGROECOSSISTEMA

Conforme Steve Gliessman, em comunicação por e-mail em maio de 2016 à revista IHU On-Line, um agroecossistema é caracterizado como um ecossistema que inclui pelo menos uma população agrícola.

Diferencia-se dos ecossistemas naturais devido à intervenção humana com um propósito específico, sendo uma unidade de trabalho nos sistemas agrícolas. Marten (1988) o define como um complexo que abrange ar, água, solo, animais, plantas, microrganismos e modificações humanas na área, visando a produção agrícola.

Steve Gliessman (2016, p.38), destaca que o grande desafio está no desenvolvimento de agroecossistemas alternativos, dado o controle considerável exercido pelo sistema alimentar. Ele argumenta que tais agroecossistemas visam a criação de alternativas para obter aumento do bem-estar econômico e social dos produtores.

Gordon Richard Conway, ecologista agrícola e professor no Imperial College em Londres, também Diretor de Agricultura para Impacto, adota esse conceito e define sustentabilidade como a capacidade que possui um agroecossistema de manter sua produtividade, e estabilidade biológica. Portanto, produtividade, estabilidade e sustentabilidade são propriedades que correspondem aos ecossistemas naturais, mas cada uma delas é definida em termos da produção do sistema, podendo ser medidas tanto biológica quanto socioeconomicamente (Conway, 1993).

Miguel Altieri (2004), agrônomo chileno e professor de Agroecologia na Universidade da Califórnia - Berkeley, também destaca a equidade, que avalia a distribuição justa dos produtos do agroecossistema entre produtores e consumidores.

É relevante notar que os agroecossistemas adquirem configurações específicas em cada região devido às variações locais de clima, solo, relações econômicas, estrutura social e história. Portanto, o estudo desses sistemas em uma dada região engloba desde a produção agrícola comercial até a subsistência, usando diferentes níveis de tecnologia conforme a disponibilidade de terra, capital e mão de obra (Altieri, 2004).

João Canuto (2017), doutor em agroecologia e pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, enfatiza a necessidade de elaborar estratégias de agroecossistemas sustentáveis que atendam às necessidades da propriedade, da comunidade, da economia e sociedade em geral. Assim, prosseguindo Canuto (2017), o desenho desses agroecossistemas inclui considerações sobre a combinação de árvores e cultivos, seu arranjo espacial, a expectativa de crescimento futuro, os custos associados e os métodos de manejo, bem como a projeção da renda possível. Esse processo de planejamento e desenho é essencial para alcançar a sustentabilidade, logo, essa abordagem agroecológica busca aproveitar os benefícios da biodiversidade e reduzir a utilização de insumos externos, fortalecendo a estabilidade dos agroecossistemas a longo prazo.

Em síntese, é fundamental aprofundar a discussão sobre um mundo sustentável, incorporando diretamente conceitos como desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, orientando as decisões em todos os níveis da sociedade (Verona; Augusto *et al.*, 2007). Essa incorporação exige uma mudança de paradigma, na qual os valores ambientais, sociais e econômicos sejam integrados de maneira equilibrada, para promover um desenvolvimento que não apenas satisfaça as necessidades da geração atual, mas também

garanta os recursos e a qualidade de vida das gerações futuras. Assim, guiando políticas públicas, estratégias empresariais e ações cotidianas, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, resiliente e consciente dos limites do planeta.

2.2 SUSTENTABILIDADE

O termo sustentabilidade é definido de forma geral nos dicionários da língua portuguesa, como a capacidade de promover o desenvolvimento econômico, atendendo às necessidades do presente sem prejudicar o meio ambiente e sem comprometer gerações futuras (Bechara, 2011). Também pode ser interpretado como um modelo de sistema que possui condições para se manter ou conservar (Priberam, 2024). Adicionalmente, a palavra sustentável surge do latim *sustentare*, um verbo que indica a ação de defender, favorecer, apoiar, conservar ou cuidar (Priberam, 2024).

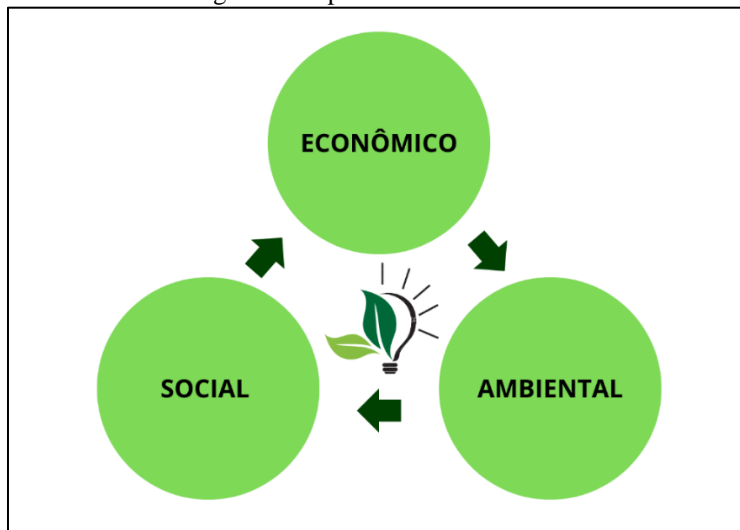
Todavia, como apontado por Veiga (2008), não há uma definição única e universalmente aceita para sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Até o final dos anos 1970, sustentabilidade era um conceito principalmente utilizado por pesquisadores especializados em biologia populacional, que buscavam avaliar quando uma atividade extrativa ultrapassava os limites de reprodução das espécies estudadas, identificando o ponto em que a capacidade de recuperação de um ecossistema era excedida (Veiga; Zatz, 2008, p. 36).

No entanto, Nascimento (2012, p. 51) propõe uma compreensão mais ampla de sustentabilidade, assim a descreve como uma percepção da finitude dos recursos naturais e de sua gradual e preocupante diminuição. O autor ressalta que, a compreensão da sustentabilidade em seu sentido mais amplo requer a consideração de suas diversas facetas, que variam conforme o contexto de estudo, relatório ou trabalho acadêmico. Semelhantemente, Valenti *et al.* (2012, p. 10) argumentam que a característica fundamental da produção sustentável é o reconhecimento da finitude da natureza e o com o propósito de abandonar a ideia de crescimento ilimitado. Além disso, cada geração deve comprometer-se a deixar às gerações futuras uma quantidade de recursos naturais equivalente àquela recebida.

A presente pesquisa aborda o tema sustentabilidade sob a ótica do Tripé da Sustentabilidade (Triple Bottom Line), formulado por John Elkington em 1994. Conhecido como pai da sustentabilidade, Elkington incorpora os três pilares essenciais da sustentabilidade: Ambiental, Social e Econômico (Elkington, 2004). Criando assim, um modelo de gestão que serve como base para investimentos sustentáveis. Nesse modelo de abordagem abrangente, a avaliação do desempenho de uma empresa não se restringe apenas aos seus balanços financeiros, mas também abarca o seu desempenho em termos ambientais e sociais.

Segundo Elkington (2004), sustentabilidade é o princípio que assegura que nossas ações atuais não comprometerão o desenvolvimento e os recursos das futuras gerações. Consulte a Figura 1 abaixo, que esboça o Tripé da Sustentabilidade:

Figura 1: Tripé da Sustentabilidade



Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Lima (2019).

Assim, sem dúvida, a compreensão e a aplicação da sustentabilidade em diversos contextos são fundamentais para evitar que esse conceito se torne vago. Portanto, é imprescindível explorar os conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, por isso o HIDS (Hub Internacional para o Desenvolvimento Sustentável), criado por instituições e empresas públicas e privadas, localizado no município de Campinas-SP, busca agregar esforços nacionais e internacionais para promover o desenvolvimento sustentável produzindo tecnologias inovadoras para as gerações futuras (Cavalcanti, 2021).

Apesar de não serem termos intercambiáveis, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são frequentemente usados de forma equivalente (Sartori; Latrônico; Campos, 2014). De acordo com Dovers e Handmer (1992), o desenvolvimento sustentável é uma via deliberada de mudança e melhoria com o objetivo de atender as necessidades da população.

Por outro prisma, Elkington (2012) enfatiza que o desenvolvimento sustentável só é viável mediante o equilíbrio dos três pilares do Tripé da Sustentabilidade: social, ambiental e econômico. Ele conceitua o desenvolvimento sustentável como o objetivo a ser alcançado, enquanto a sustentabilidade é o processo que engloba ações sustentáveis.

Nesse contexto, é vital atribuir significado concreto ao termo sustentabilidade por meio da compreensão, qualificação, quantificação e apresentação de parâmetros mensuráveis como contribuições ou diretrizes para a mudança de comportamento, tanto individual quanto institucional (Guimarães; Feichas, 2009).

Com isso, surgem os Indicadores de Sustentabilidade como instrumentos para avaliar a transição de sistemas, englobando variáveis passíveis de avaliação repetida ao longo do tempo, evidenciando a eficácia durante o processo de transição agroecológica (Vidal *et al.*, 2015). Esses indicadores fornecem dados quantitativos e qualitativos que ajudam a adaptar práticas agrícolas a um contexto sustentável, e sua

avaliação frequente, assegura que o progresso em direção à sustentabilidade seja uma meta mensurável e ajustável ao longo do tempo.

Em sintonia com essa necessidade de avaliação constante do desenvolvimento sustentável, a agricultura familiar emerge como um dos principais pilares na construção da sustentabilidade, dada sua capacidade de prevenir crises ambientais futuras, e de integrar práticas que preservem os ciclos biogeoquímicos e sustentem a biodiversidade, assegurando o equilíbrio entre as necessidades humanas e a capacidade dos ecossistemas essenciais para a vida no planeta (Cavalcanti, 1994).

Nesse cenário de agricultura sustentável, a agroecologia por sua vez, oferece uma abordagem integrando conceitos agronômicos com um modelo que vai além da produção agrícola convencional, com práticas de baixo impacto ambiental para promover a produção de alimentos e apoiar o desenvolvimento sustentável.

Assim, forma-se um sistema interligado entre indicadores, agricultura familiar e agroecologia, esses elementos tornam possível elaboração de políticas públicas e apoio financeiro para o fortalecimento de práticas que conciliem produção e conservação ambiental. Com isso a agricultura familiar obtém instrumentos de incentivo, como o PRONAF Agroecologia, uma linha de crédito dedicada à produção de base agroecológica, contribui significativamente com o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar, promovendo a Agroecologia e sustentando as famílias agricultoras no campo incentivando-as a adotar métodos de cultivo que estejam alinhados com a preservação ambiental e a sustentabilidade (Gonçalves *et al.*, 2020).

Visto o papel fundamental de práticas sustentáveis, por outro lado, a intensificação de práticas de produção prejudiciais conduz a desafios ambientais, sociais e econômicos, incluindo mudanças climáticas, escassez de água, perda de biodiversidade e insegurança alimentar, resultando também no êxodo rural (Gonçalves *et al.*, 2020 *apud* El Bilali *et al.*, 2019).

É notório que grupos de agricultores familiares contribuem significativamente para a sustentabilidade ecológica, mesmo em cenários de vulnerabilidade socioeconômica. Eles concentram-se em promover a qualidade de vida presente e futura, abordando dimensões culturais, ambientais e socioeconômicas que qualificam a relação entre sociedade e natureza. Há um aumento na conscientização acerca da importância de compreender o meio ambiente e preservá-lo em toda a sua complexidade (Oliveira *et al.*, 2016).

Kaufmann *et al.* (2016) ressaltam que a conservação e o manejo sustentável dos recursos da agrobiodiversidade são essenciais para alcançar metas de sustentabilidade e equidade, empoderando comunidades a autogerir e proteger recursos em seu benefício.

Nessa perspectiva, a conservação e o manejo sustentável, são apoiados por políticas públicas conforme estabelece a legislação, e garantem que o meio ambiente seja tratado como um bem coletivo.

Conforme definido pela Lei nº 12.651/2012, uma Área de Preservação Permanente é um espaço protegido, com ou sem cobertura de vegetação nativa, destinado a preservar recursos hídricos, paisagens, estabilidade geológica e biodiversidade. Além disso, facilita o fluxo genético da fauna e flora, protege o solo e possibilita o bem-estar das comunidades humanas (Brasil, 2012).

A importância desse tópico é evidente, especialmente considerando o crescente comprometimento de grandes empresas multinacionais com os três pilares da Sustentabilidade: social, ambiental e econômico. Por exemplo, a Nestlé, em sua linha de café, adota o Código de Conduta 4C e introduziu cápsulas de papel compostável, inovando em práticas de preservação e sustentabilidade, além de utilizar práticas de cultivo e produção sustentáveis de café. Todas essas ações refletem a preocupação com a sustentabilidade e um estilo de vida mais saudável (2020, Nestlé).

A 4C Services GmbH, assegura a conformidade do Código de Conduta 4C por meio do Sistema de Certificação 4C. Esse código é aplicado globalmente e abrange 27 princípios em dimensões econômicas, sociais e ambientais. Esses princípios são fundamentados em boas práticas de gestão e agrícolas, alinhando-se a convenções internacionais e diretrizes reconhecidas no setor cafeeiro. Além disso, o Código de Conduta 4C estabelece 10 Práticas Inaceitáveis a serem eliminadas antes de buscar a Certificação 4C. O enfoque inclusivo desse código visa envolver produtores que ainda não estão inseridos ao mercado de café sustentável, melhorando gradativamente as condições sociais, econômicas e ambientais na produção e processamento do café ao redor do mundo (4C Services GmbH, 2018).

Observa-se que o debate acerca do desenvolvimento sustentável transcende as esferas globais e alcança as práticas locais, onde o tripé da sustentabilidade ambiental, social e econômico, se consolida como fundamento indispensável para sistemas produtivos equilibrados. Nesse contexto, a agroecologia representa uma abordagem transformadora, ao integrar saberes científicos e tradicionais, fortalecendo a relação entre sociedade e natureza e promovendo uma produção de baixo impacto ambiental. Essa perspectiva reforça a importância de integrar políticas públicas como instrumentos estratégicos, para ampliar um futuro promissor de desenvolvimento sustentável. Adiante, esta pesquisa aborda a cafeicultura, especialmente a voltada à produção de cafés especiais, como um campo fértil para a implementação de novas práticas sustentáveis, combinando inovação tecnológica, responsabilidade socioambiental e valorização da agricultura familiar.

2.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A ampla discussão sobre sustentabilidade conduz a construção de indicadores que permitem mensurar transformações nas características dos sistemas, além de avaliar e monitorar seu nível de sustentabilidade (Souza, 2019).

Para melhor compreensão, o termo indicador, vem do latim *indicare*, que significa índice ou dado estatístico que fornece indicações sobre algo, associado ao financeiro ou econômico (Priberam, 2024). No entanto, os primeiros estudos sobre indicadores a partir de 1995, abordavam apenas aspectos econômicos, assim, posteriormente foram explorados estudos no intuito de desenvolver indicadores de sustentabilidade (Veiga, 2010).

Veiga (2010), faz recomendações sobre aos indicadores de sustentabilidade, ressaltando que a medição adequada da sustentabilidade requer normas e métodos estatísticos rigorosos, além de considerar o contexto global. O autor destaca que, deve-se focar na contribuição de cada país para mitigar a insustentabilidade global. Assim, sugere a utilização de um conjunto de indicadores capazes de monitorar a qualidade de vida, o desempenho econômico e a avaliação de recursos; destacando a necessidade de indicadores físicos específicos assegurando uma análise detalhada e contextualizada da sustentabilidade.

Van Bellen (2005, p. 41), traz em seu livro discussões entre alguns autores, primeiramente McQueen e Noak (1988), apontam que os indicadores de sustentabilidade podem ser apresentados de diversas maneiras, funcionando como medidas sintetizadas de fenômenos específicos, simplificando e tornando mais compreensíveis as informações relevantes; enquanto Holling (1978), descreve indicadores de sustentabilidade como uma medida do comportamento do sistema em termos de atributos perceptíveis e expressivos; com isso, Gallopin (1996) complementa que os indicadores são variáveis que fornecem uma base sólida para avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos, permitindo o monitoramento contínuo e a adaptação estratégica ao longo do tempo (Van Bellen, 2005, p. 41).

O papel dos indicadores de sustentabilidade é simplificar a realidade de um sistema de produção a partir da identificação de seu funcionamento, estrutura e principais relações com suas respectivas dimensões. Assim, um indicador eficiente deve facilitar o processo interpretativo sintetizando a complexidade, ou seja, se constitui em um elemento que absorve e produz informações durante o processo (Souza, 2019; *apud* Manzoni, 2006).

É importante destacar que, embora muitas vezes os indicadores sejam apresentados na forma de gráficos ou estatísticas, eles são substancialmente diferentes dos dados primários, que representam apenas uma coleta bruta de informações. Indicadores, por outro lado, têm o potencial de representar de forma mais abrangente (Van Bellen, 2005, p. 43).

Seguindo, na perspectiva de Van Bellen (2005, p.43), *apud* Tunstall (1994), os indicadores de sustentabilidade desempenham funções essenciais, destacando suas principais, sendo elas: a avaliação das condições e tendências atuais, a comparação entre diferentes lugares e situações, a avaliação das condições e tendências em relação a metas e objetivos, o fornecimento de informações de alerta e a capacidade de antecipar futuras condições e tendências.

Os índices, por sua vez, oferecem uma forma de resumir numericamente o desempenho global alcançado por diferentes propriedades, permitindo mensurar a distância entre a situação atual e os objetivos estabelecidos. Eles são calculados pela média das pontuações atribuídas aos indicadores de cada uma das dimensões correspondentes (Verona; Augusto *et al.*, 2007).

Para avaliações de sustentabilidade, são comumente utilizados índices específicos para mensurar as dimensões Ambiental (ISA), Social (ISS), Econômica (ISE), bem como o Índice de Sustentabilidade Global (ISG). Esses índices desempenham um papel fundamental na avaliação abrangente do desempenho sustentável em diversas áreas e setores (Costa *et al.*, 2013).

Em resumo, os indicadores de sustentabilidade representam ferramentas valiosas para a avaliação e monitoramento do progresso em direção a práticas mais sustentáveis. Ao fornecer medidas resumidas e compreensíveis, eles permitem uma compreensão mais clara e abrangente das condições e tendências em áreas fundamentais para a sustentabilidade.

3 MODELO ISA

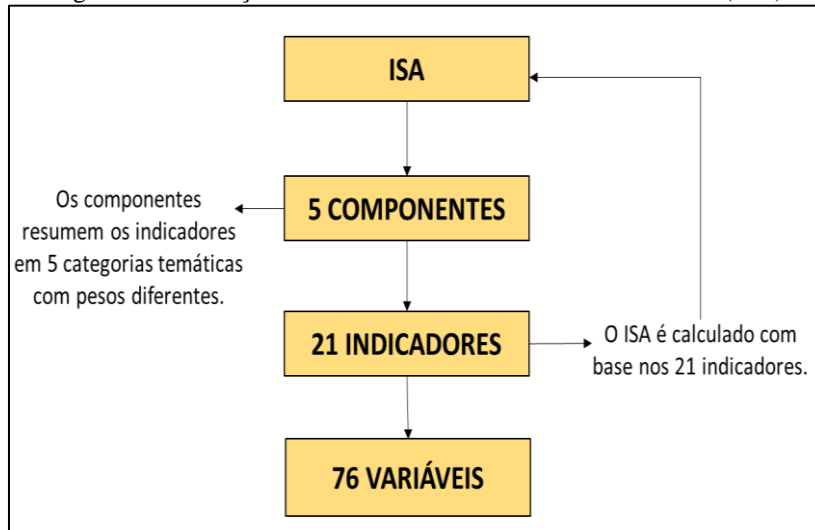
O Modelo ISA, ou Índice de Sustentabilidade Ambiental, foi introduzido durante o Fórum Econômico Mundial de 2002 por pesquisadores de duas instituições acadêmicas dos Estados Unidos, as universidades de Yale e Columbia. Inicialmente, o ISA englobava 68 variáveis relacionadas a 20 indicadores e foi calculado para um total de 142 países. Posteriormente, em 2005, o índice foi expandido para 146 países, incluindo um indicador adicional, totalizando 21 (Martins *et al.*, 2006).

O ISA passa por revisões anuais, visando aprimorar sua capacidade de refletir os aspectos relacionados à construção de um desenvolvimento que promova qualidade de vida tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente, conforme apontado por Columbia University e Yale University em 2005.

O principal propósito do ISA é comparar a capacidade dos países em proteger seu ambiente, considerando não apenas o presente, mas também as décadas futuras. A busca pela sustentabilidade orienta o índice a preocupar-se não apenas com a situação atual, como também com as ações necessárias com a finalidade de promover melhorias. Essa ferramenta é um recurso valioso que auxilia os tomadores de decisão a lidar com questões ambientais em suas respectivas regiões ou nações (Martins *et al.*, 2006).

Martins (*et al.*, 2006) explica que, o ISA é composto por cinco categorias primordiais: sistemas ambientais, redução da pressão ambiental, redução da vulnerabilidade humana, capacitação social e institucional, e responsabilidade ambiental global. Assim, essas cinco categorias abrangem 76 variáveis distribuídas em 21 indicadores de sustentabilidade ambiental, representada na Figura 2, a hierarquia no processo de criação do ISA. É importante observar que o ISA processa grande quantidade de informações, que nem sempre estão com alta qualidade ou disponíveis para todos os países.

Figura 2: Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA)



Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Columbia University e Yale University (2005).

O índice de sustentabilidade ambiental é calculado com base em 21 indicadores de sustentabilidade ambiental. Esses 21 indicadores compreendem uma ampla gama de aspectos, a saber: qualidade do ar, biodiversidade, qualidade da terra, qualidade da água, quantidade de água disponível, redução da poluição do ar, diminuição da pressão sobre os ecossistemas, redução da pressão populacional, redução da pressão gerada pelo lixo e consumo, diminuição da pressão sobre os recursos hídricos, gestão de recursos naturais, saúde ambiental, sustentabilidade humana básica, diminuição da vulnerabilidade a desastres naturais/ambientais, governança ambiental, ecoeficiência, responsabilidade do setor privado, ciência e tecnologia, participação em esforços de colaboração internacional, emissões de gases de efeito estufa e redução da pressão ambiental transfronteiriça (Martins *et al.*, 2006).

Assim, todos esses componentes e indicadores de sustentabilidade ambiental estão ilustrados na Figura 3, evidenciando a abrangência e complexidade do ISA.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO
 APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

Figura 3: Componentes e Indicadores de Sustentabilidade Ambiental

	INDICADORES	NÚMERO DE VARIÁVEIS
Sistemas Ambientais	Qualidade do ar	4
	Biodiversidade	5
	Solo	2
	Qualidade Da Água	4
	Quantidade De Água	2
Redução da Poluição Ambiental	Redução da Poluição do Ar	5
	Redução da Poluição do Ecossistema	2
	Redução da Pressão Demográfica	2
	Redução do Desperdício e Consumo	3
	Redução da Poluição da Água	4
	Gestão dos Recursos Naturais	5
Redução da Vulnerabilidade Humana	Saúde Ambiental	3
	Subsistência Básica	2
	Exposição aos Desastres Naturais	2
Capacidade Socioinstitucional	Governança Ambiental	12
	Ecoeficiência	2
	Capacidade de Resposta da Iniciativa Privada	5
	Ciência e Tecnologia	5
Responsabilidade Global	Participação Internacional em Esforços Colaborativos	3
	Emissão de Gases de Efeito Estufa	2
	Redução de “Transbordamentos”	2
	Total de Variáveis	76

Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Columbia University e Yale University (2005).

Por meio da média desses 21 indicadores, é gerado um único número que representa o nível de sustentabilidade de uma propriedade rural. Esse índice varia de 0 a 1, assim 0,7 é considerado o limite mínimo de sustentabilidade. No entanto, também é comum expressar o índice em uma escala de 0 a 100 (Martins *et al.*, 2006).

O ISA desempenha um papel fundamental na avaliação do desempenho socioeconômico e ambiental de propriedades rurais, proporcionando aos agricultores uma ferramenta eficaz de gerenciamento de seus empreendimentos (Costa *et al.*, 2013). Além disso, está em consonância com políticas públicas, como a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER), que visa promover o desenvolvimento sustentável na agricultura familiar (Brasil, 2010).

No Brasil em 2012, desenvolvido pelo pesquisador José Mário Lobo da EPAMIG, a ferramenta ISA é aplicada por técnicos da EMATER-MG e tem como objetivo realizar a adequação socioeconômica e ambiental das propriedades rurais, considerando-as como agroecossistemas completos. O projeto envolve várias instituições, como a EMATER-MG, Instituto Estadual de Florestas (IEF), Embrapa, UFMG e Fundação João Pinheiro, com apoio da Fapemig e coordenação da EPAMIG.

O ISA tem sido aplicado em várias propriedades rurais por diferentes instituições, incluindo o Senar, e em áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG), com o objetivo de auxiliar na recuperação econômica e ambiental da região (Ferreira, *et al.*, 2012; EPAMIG, 2019).

Essa ferramenta permite que os produtores rurais identifiquem áreas que requerem melhorias em suas propriedades, abrangendo aspectos econômicos, sociais, qualidade do solo, uso de água e manejo da produção. É uma metodologia simples e de baixo custo, aplicada por técnicos treinados em entrevistas de campo, análises de imagens de satélite e laboratório. Os dados coletados são organizados e processados em planilhas eletrônicas, gerando um diagnóstico que destaca aspectos positivos e desafios identificados na propriedade.

Além disso, o ISA pode ser utilizado para identificar problemas de sustentabilidade em associações ou cooperativas rurais. As cooperativas agrícolas também podem empregá-lo para classificar o grau de sustentabilidade da produção de seus cooperados e remunerá-los de forma diferenciada (Fonseca *et al.*, 2017).

Cabe ressaltar que a ferramenta ISA, propõe o desenvolvimento de uma metodologia voltada à certificação de sustentabilidade ambiental para agroindústrias e propriedades rurais. Tal metodologia pode ser implementada tanto por iniciativas privadas quanto por órgãos públicos, possibilitando a emissão de um selo de sustentabilidade ambiental. A partir do desenvolvimento da ferramenta ISA, o próximo passo para que ela seja efetivamente utilizada como instrumento certificador consiste em seguir um processo estruturado de credenciamento, conforme exigido pelos órgãos reguladores competentes. Isso inclui a conformidade com normas técnicas específicas e a demonstração de competência técnica e operacional da entidade certificadora.

Para isso, a certificação de sustentabilidade ambiental com a metodologia ISA, pode adotar critérios objetivos de avaliação, como pontuações que variam de 0 a 1, baseadas em normas e práticas sustentáveis reconhecidas nacional e internacionalmente. Essa abordagem facilita a emissão do selo de sustentabilidade de forma transparente e padronizada. Além disso, a formalização de parcerias estratégicas com órgãos governamentais, associações de produtores e demais entidades do setor agroindustrial pode fortalecer significativamente a credibilidade da certificadora. Entre os principais benefícios da certificação, destacam-se a conexão de produtores com mercados que exigem comprovação de sustentabilidade, o fortalecimento da imagem institucional das empresas certificadas e o incentivo a boas práticas ambientais. A certificação pode, portanto, atuar como um diferencial competitivo para o agronegócio e o desenvolvimento sustentável e econômico no estado de Rondônia.

Portanto, evidenciando como o ISA representa uma ferramenta de inovação no diagnóstico socioeconômico e ambiental das propriedades rurais, observa-se o papel fundamental da tecnologia. Nesse sentido, à medida que a agricultura evolui, dispomos da Agricultura 5.0, que surge para integrar e expandir os benefícios conquistados pelo Agro 4.0, consolidando-se como um modelo tecnológico focado na eficiência e precisão, integrando práticas sustentáveis na gestão dos recursos naturais.

4 AGRICULTURA 5.0

Anteriormente, com o advento do Agro 4.0, dispomos de métodos computacionais avançados, e benefícios como, maior produtividade, eficiência no uso de insumos, redução de custos com mão de obra, melhoria da qualidade e segurança dos trabalhadores, além de minimizar os impactos ambientais (Massruhá; Leite, 2017).

Decorrente, com a agricultura 5.0 contamos com a mais recente geração de modelos de produção agrícola, tendo como principais fatores a análise de solo georreferenciada, pulverização com drones e tecnologias para o plantio, irrigação e fertilização, e o mapeamento de áreas por satélite (Barichello, 2023).

A agricultura 5.0 tem como objetivo promover o uso de tecnologias inovadoras, como inteligência artificial e robótica, conciliadas com análise de dados, para potencializar a produtividade agrícola. Em outras palavras, a agricultura 5.0 representa a agricultura de precisão, estruturada por dados e recursos tecnológicos avançados, que permitem avaliar e expandir a produção de alimentos de forma mais eficiente (Barichello, 2023).

A agricultura 5.0, segundo Ângela Gheller, diretora de Agroindústria da TOTVS, representa um avanço considerável, e essa nova etapa da agricultura se concentra em três pilares fundamentais: eficiência, sustentabilidade e disponibilidade para as lavouras. Com foco na coleta de informações, através da utilização de sensores que processam informações e fornecem análises para embasar as decisões dos agricultores. A agricultura 5.0 combina inteligência artificial, robótica e digitalização de processos, logo, essa abordagem já está sendo adotada nas lavouras em todo o Brasil (Agrishow, 2022).

É relevante ressaltar que a transição agroecológica em direção à estabilidade e sustentabilidade exige a efetiva utilização do avanço tecnológico e do conhecimento científico. A incorporação dessas tecnologias desempenha um papel fundamental na criação de sistemas agroecológicos sustentáveis que atendam às necessidades dos produtores (Souza, 2019).

O Modelo ISA, baseado em tecnologia, permite que instituições coletem dados de campo para avaliação global e planejamento estratégico. Com esses dados, torna-se possível gerar gráficos e estatísticas, extrair informações úteis e avaliar o progresso dos projetos de sustentabilidade em propriedades rurais. Além disso, é viável comparar indicadores de sustentabilidade, estabelecer metas de melhoria e adequação, bem como traçar planos de curto e longo prazo para aprimorar a gestão rural com base em dados concretos (Fonseca *et al.*, 2017).

Mendes e Marcolan (2015), evidenciam a importância de considerar as características específicas do café canéfora em Rondônia, aliadas aos dados de clima e solo, como elementos essenciais para o planejamento sustentável da cafeicultura na região. Deste modo, orienta o manejo adequado do solo, a escolha de áreas aptas ao cultivo e a otimização das condições produtivas, promovendo maior eficiência nos sistemas agrícolas locais. Segundo os autores, a sustentabilidade na cafeicultura exige um olhar atento

para a utilização racional dos recursos naturais, já que o cultivo do café demanda práticas agrícolas responsáveis, assim, o manejo adequado do solo, o uso de variedades adaptadas às condições específicas de clima e solo são fundamentais. Nesse sentido, a incorporação de tecnologias ao cultivo do café contribui significativamente para a longevidade das lavouras, e o desenvolvimento sustentável da cafeicultura no estado de Rondônia.

5 METODOLOGIA

A metodologia ocorreu predominantemente quantitativa, com aspectos qualitativos, embora a análise de dados tenha sido essencialmente quantitativa. A pesquisa quantitativa permite chegar a conclusões a partir dos dados coletados, que, após tratamento estatístico, podem ser organizados e apresentados em tabelas geradas por ferramentas computacionais (Gil, 2002). Por conseguinte, a metodologia com aspectos qualitativos, focada a partir de um objeto de estudo, segundo Minayo (2011), parte da interação direta com o ambiente natural onde os fenômenos acontecem, destacando a importância do contexto e a subjetividade dos participantes envolvidos, isto reforça a importância de considerar o local da coleta de dados. No entanto, no campo, esses dados subjetivos, só podem ser conseguidos com a contribuição dos participantes envolvidos, e constituem uma representação da realidade, a partir da maneira de pensar, maneira de atuar; suas condutas e projeções para o futuro. O autor também descreve que, o trabalho de campo proporciona uma proximidade com os fenômenos estudados, assim permite uma compreensão das dinâmicas locais e contextuais, e têm como referência o mundo da vida, emergindo de universos como a política, economia, relações sociais, funcionamento das instituições, questões atinentes a determinados segmentos sociais, além da cultura geral ou local, entre outros aspectos relevantes (Minayo; Deslandes, 2011, p.62-76).

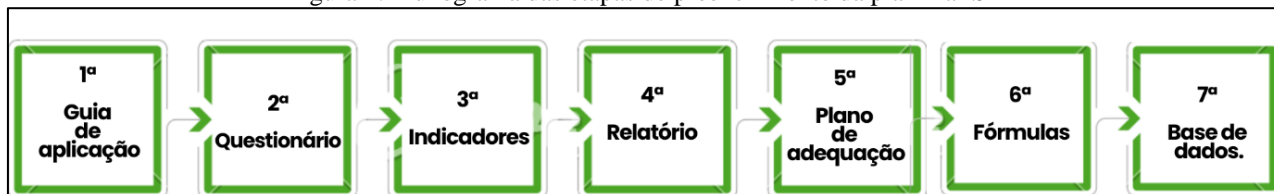
A aplicação do ISA ocorreu na propriedade conhecida como Café Da Luz, situada em Cacoal, Rondônia, na linha 12, Lote 55, Gleba 11. Essa propriedade se dedica à produção de café especial do tipo Robusta (*Coffea Canephora*). A execução do ISA envolveu duas visitas à propriedade do Sr. João Luz. Na primeira visita realizada em 17 de outubro de 2022, foi aplicado um questionário ao proprietário da terra, Sr. João Luz. Assim, foram coletados dados da propriedade, análise de solo, e do (CAR) Cadastro Ambiental Rural. Isso permitiu a obtenção das informações necessárias para o preenchimento da planilha ISA. A segunda visita foi realizada em 21 de dezembro de 2022, teve como objetivo a coleta de amostras de água, da represa utilizada para irrigação do café especial. Vale mencionar que a análise do solo já havia sido realizada anteriormente, eliminando a necessidade de coletar novas amostras.

Assim, seguindo o cronograma estipulado para o preenchimento do ISA, contamos com um sistema composto por 7 pastas: 1ª Guia de aplicação, 2ª Questionário, 3ª Indicadores, 4ª Relatório, 5ª Plano de adequação, 6ª Fórmulas utilizadas nos Indicadores, e 7ª Base de dados. Para que fosse possível o

preenchimento dos dados coletados, foi utilizado o guia de aplicação, este guia traz explicações detalhadas de qual a melhor forma fazer o uso da planilha. O questionário, foi utilizado para coleta de dados gerais da propriedade, e os indicadores, foram as perguntas utilizadas na entrevista com produtor responsável pela propriedade, que traz em seus resultados os relatórios expostos por gráficos.

Observa-se abaixo representado na Figura 4, o fluxograma das etapas de preenchimento da planilha ISA, contendo as 7 pastas.

Figura 4: Fluxograma das etapas de preenchimento da planilha ISA



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em planilha ISA (2024).

No caso desta pesquisa, o plano de adequação do ISA, que normalmente é utilizado por técnicos para intervir e sugerir melhorias para o produtor responsável pela propriedade, não foi aplicado, pois a pesquisa teve como objetivo exclusivamente a análise dos dados, sem a implementação de recomendações de adequação. Seguindo, por fim, as fórmulas utilizadas nos indicadores, e a base de dados, são apenas informações e base de cálculos com parâmetros pré-estabelecidos do próprio sistema ISA.

De posse dos dados coletados, as planilhas ISA foram preenchidas usando a ferramenta Excel, observando cada um dos seguintes aspectos: índices de produtividade e preços de venda, diversidade de renda, evolução patrimonial do imóvel rural, grau de endividamento, serviços básicos disponíveis para o imóvel rural, escolaridade e cursos direcionados às principais atividades, ocupação e emprego, gestão do empreendimento, comercialização e inovação, gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural, segurança do trabalho referente ao uso de agrotóxicos, capacidade produtiva do solo, qualidade da água, risco de contaminação da água por agrotóxicos, avaliação de áreas com solo em processo de degradação, grau de adoção de práticas conservacionistas, estado de conservação das estradas que cortam e margeiam o imóvel rural, vegetação nativa, fitofisionomias e estado de conservação da vegetação, adequação das áreas de preservação permanente, adequação da reserva legal, e diversificação da paisagem rural. Após inseridos os dados, o processo automático gerou um gráfico de resultado para cada aspecto, em três etapas: aspectos socioeconômicos, aspectos ambientais e análise de fertilidade do solo; e um relatório geral (tabela 4).

Dessa forma, foi possível calcular o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) da propriedade em questão, com base nos dados coletados em campo e organizados conforme os critérios estabelecidos pela metodologia. Cabe ressaltar que a planilha utilizada nesta pesquisa passou por uma atualização recente no

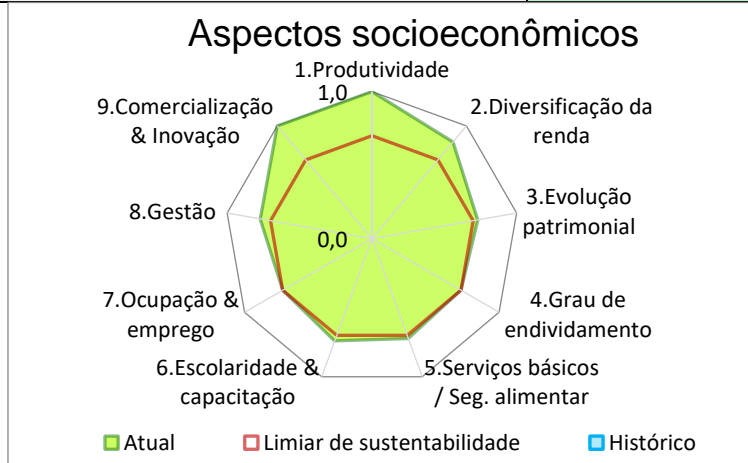
ano de 2024, com melhorias na disposição do guia de aplicação que passou de seis para quarenta páginas, expondo detalhadamente cada tópico. Após a obtenção da versão atualizada, os dados foram inseridos novamente, confirmando a estabilidade e a confiabilidade dos resultados obtidos anteriormente, uma vez que não houve alteração significativa nas pontuações finais. A manutenção dos resultados, mesmo com a atualização da planilha, também evidencia que a metodologia possui padronização suficiente para permitir comparações entre propriedades e entre diferentes períodos de avaliação, o que é essencial para o acompanhamento contínuo da sustentabilidade nas propriedades rurais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Tabela 1, o índice de sustentabilidade para a propriedade foi (0,70), nota consideravelmente boa, uma vez que, dentro dos parâmetros, têm-se como nota máxima (1,0). Esse resultado aproxima-se com a pesquisa realizada por Ferreira et al. (2012), no município de Araponga-MG, observou-se que cafezais com manejo agroecológico apresentaram resultados superiores aos com manejo tradicional, onde os Índices de Sustentabilidade variaram entre 0,52 e 0,80.

Tabela 1 – Índice de sustentabilidade e Aspectos socioeconômicos

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE	0,70
1. Produtividade	1,00
2. Diversificação da renda	0,86
3. Evolução patrimonial	0,73
4. Grau de endividamento	0,70
5. Serviços básicos / Seg. alimentar	0,72
6. Escolaridade & capacitação	0,74
7. Ocupação & emprego	0,70
8. Gestão	0,77
9. Comercialização & Inovação	1,00



Fonte: elaborada pela autora, 2023.

Ao analisar separadamente os aspectos socioeconômicos e calcular a média dos nove indicadores correspondentes, obteve-se um subíndice de (0,80). É relevante notar que a produtividade e a comercialização/ inovação alcançaram o maior índice (1,0), devido à produção de café especial de alta qualidade com excelente comercialização. No entanto, o grau de endividamento e a ocupação/emprego gerado apresentaram índices (0,70), devido à utilização de mão de obra predominante familiar, uma escolha necessária frente à escassez de trabalhadores qualificados, no entanto é um fator positivo, pois contribui para a redução do êxodo rural. Essa dinâmica fortalece o vínculo das famílias com o campo, promove estabilidade econômica ao reter a renda dentro do núcleo familiar, e incentiva a continuidade da atividade agrícola entre as gerações. Assim, semelhante a Ferreira et al. (2012), Silva (2019), relata que no meio rural é evidente a importância da renda como instrumento para melhor condição de vida dos agricultores familiares, garantindo sua permanência no campo, evitando o êxodo rural. Além disso, a diversificação de renda obteve um índice de (0,86), uma vez que a renda principal (quase 45%) provém da atividade de café. Vale ressaltar que a polinização do café é realizada por abelhas, contribuindo para a renda por meio da comercialização do mel.

É importante destacar que a gestão de resíduos sólidos na propriedade é realizada de forma responsável. Embora no meio rural não haja coleta de lixo como nas áreas urbanas, o produtor adota a prática de coletar o lixo em pontos específicos e o transporta até o ponto de coleta mais próximo localizado na linha 9, aproximadamente 18km fora de sua propriedade.

Após a colheita, a seleção dos grãos, é feita em uma superfície plana, como uma mesa, de forma manual em três etapas, permitindo a identificação de possíveis impurezas. A primeira delas é a retirada de restos de folhas, galhos, ou outros materiais que possam ter sido colhidos junto com o café. A segunda etapa, é feita para a remoção de grãos danificados ou imaturos que não atendem aos padrões de qualidade exigidos para o café especial. E a terceira e última etapa, os grãos passam por uma revisão minuciosa, para verificar pequenos defeitos que possam não ter sido notados nas etapas anteriores. Esse processo é fundamental para alcançar padrões de qualidade do café especial.

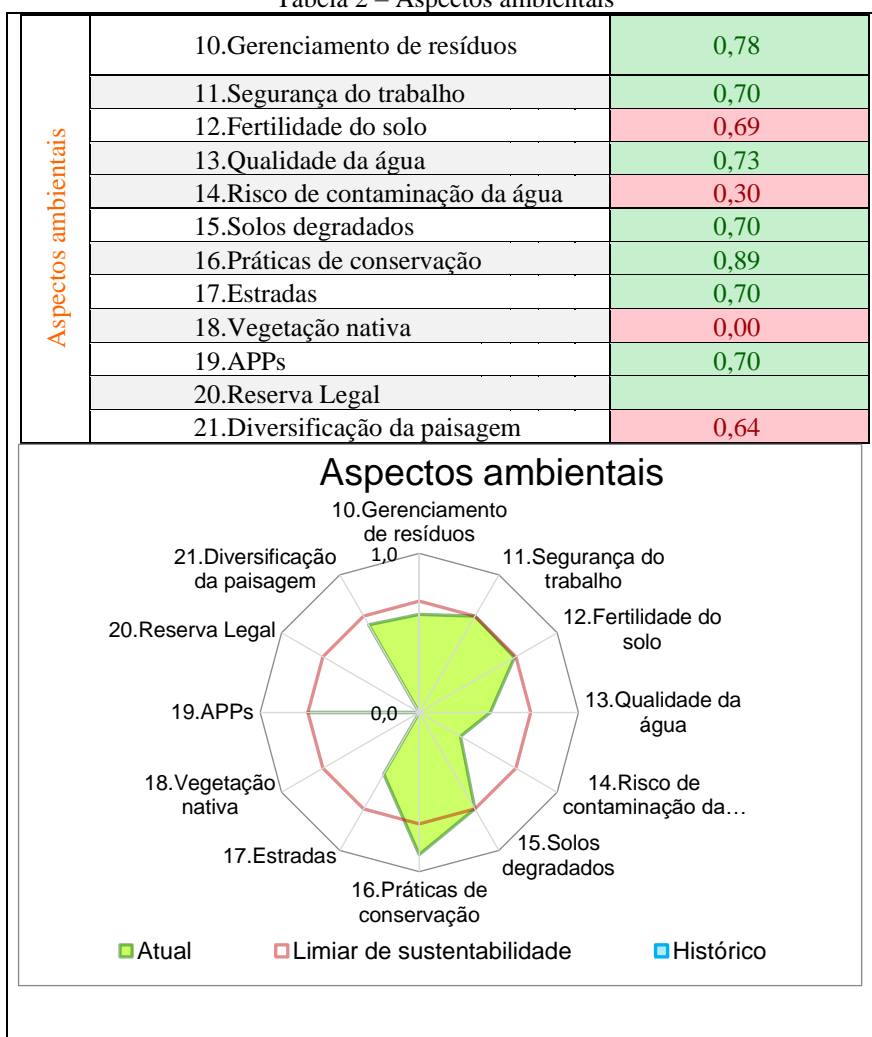
Adicionalmente, o processo de fermentação do café é realizado em uma operação que ocorre ao longo de um dia, visando aprimorar a qualidade dos grãos e do produto final. A torrefação e todo o processo industrial são executados na agroindústria da propriedade, seguindo um planejamento rigoroso para garantir a melhor qualidade possível do café especial.

A partir do questionário ISA, mostrou-se que a propriedade conta com área total de 37,62 hectares, e investiu na regularização ambiental com a preservação de 7,52 hectares de mata nativa, e 3 hectares para plantação do café especial. Além disso, implementou um projeto de recuperação de nascentes, reforçando seu compromisso com práticas sustentáveis na produção de café especial.

Foram realizadas análises de solo pelos técnicos da Embrapa para identificar possíveis deficiências no solo, possibilitando a implementação de medidas corretivas. Também foi realizada uma análise superficial da água da represa da propriedade, esta avaliação superficial da água tem o objetivo de analisar o pH, nitrato, coliformes, e turbidez dos ecossistemas aquáticos. Para isso foi realizada coleta com frascos estéreis e em pontos estratégicos da represa mais representativa para o imóvel rural na irrigação. Este procedimento permite monitorar parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que refletem a qualidade da água e ajudam a identificar possíveis contaminações ou desequilíbrios ambientais, e também analisa fatores externos, como resíduos ou poluentes que possam estar na superfície.

Conforme Tabela 2, aspectos ambientais, ao calcular a média dos doze indicadores correspondentes, obtém-se o subíndice (0,62). Semelhantemente com os resultados obtidos por Ferreira et al. (2012), na região do Alto Paranaíba (município de Iraí de Minas), os índices variaram entre 0,64 e 0,68. Refletindo uma agricultura de alta tecnologia e alto rendimento, com os consequentes impactos econômicos e ambientais.

Tabela 2 – Aspectos ambientais



Fonte: elaborada pela autora, 2023.

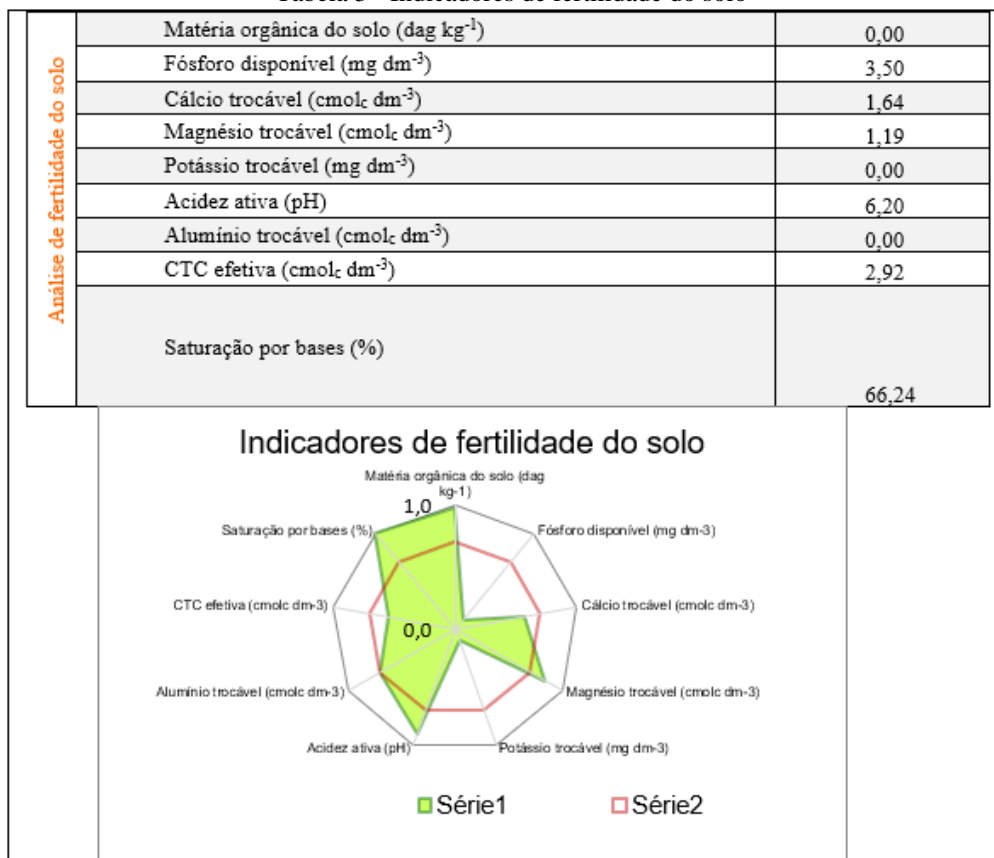
ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO
 APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

Assim, igualmente em concordância com os aspectos ambientais, para Altieri (2004), o objetivo da produção agrícola deve ser alcançar um equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais, resultando em um padrão de produção sustentável que integre esses objetivos de forma harmoniosa. Logo, como já citado anteriormente, contamos com a conservação e o manejo sustentável, apoiados por políticas públicas e em conformidade com a legislação, garantem que o meio ambiente seja tratado como um bem coletivo, definido pela Lei nº 12.651/2012, (Brasil, 2012).

Da mesma forma, Tabela 3 apresenta os indicadores de fertilidade do solo, com base no resultado da análise do solo, obtém-se um gráfico que representa a média das duas amostras analisadas, tendo como parâmetros, a Matéria orgânica do solo, Fósforo disponível; Cálcio, Magnésio e Potássio trocável, Acidez ativa, entre outras. Com isso, é possível analisar possíveis falhas na adubação do solo, e caso necessário, ter uma média dos custos para realizar correções no solo.

De acordo com Mendes e Marcolan (2015), o conhecimento das características físicas e químicas do solo é essencial para o manejo adequado das culturas e para a promoção da sustentabilidade. Isto se deve ao fato de que os nutrientes essenciais às plantas influenciam diretamente a produtividade das culturas, bem como o equilíbrio ambiental da propriedade rural. Em acordo com essa recomendação, foi realizada a análise do solo da propriedade aqui estudada, cujos resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores de fertilidade do solo



Fonte: elaborada pela autora, 2023.

A partir da análise dos dados da tabela 3, percebe-se, como aspecto positivo, a ausência de alumínio no solo, uma vez que esse elemento é considerado tóxico para as plantas. Portanto, a sua ausência no solo contribui para o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e reduz a necessidade da prática de calagem (aplicação de calcário ao solo). Essa condição contribui para a redução dos custos de produção, além de possibilitar o manejo mais sustentável e economicamente viável da cultura de café.

Entretanto, observa-se como aspectos negativos desse solo: índices muito baixos de matéria orgânica e de potássio (próximos de zero), o que caracteriza uma baixa fertilidade natural do solo. Conforme Mendes e Marcolan (2015), a manutenção da matéria orgânica é fundamental para a conservação do solo, pois influencia sua estrutura, capacidade de retenção de água e ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, recomenda-se a adoção de práticas de manejo sustentável, como a incorporação de resíduos orgânicos, o uso de adubos verdes, visando restaurar a fertilidade e garantir a sustentabilidade da produção de café especial a médio e longo prazo.

Assim, ressaltando a importância dos indicadores de fertilidade do solo, Altieri (2004) relata que, para pequenos produtores rurais, técnicas de avaliação da agricultura economicamente sustentável e dados precisos sobre o solo e outros impactos ambientais podem não ser disponíveis, tornando difícil a estimativa das perdas financeiras causadas pela degradação do ambiente.

Através da Tabela 4, observa-se um relatório final com informações gerais, e a média da renda bruta mensal e anual, como também, evolução patrimonial da propriedade. Assim, o resultado gerado para renda bruta mensal de (R\$ 28.333,33), houve uma variação comparado com Ferreira *et al.* (2012), no município de Araponga-MG, a renda bruta mensal foi de (R\$ 3.187,60).

Portanto, o ISA apontou peculiaridades regionais que devem ser consideradas para uma análise precisa da realidade local, e assim elaborar planos de ação através de programas governamentais voltados para a adequação socioeconômica e ambiental de estabelecimentos rurais. Com objetivo de reduzir vulnerabilidades sociais e econômicas e prevenir fragilidades ambientais que ameaçam a sustentabilidade dos sistemas de produção (Ferreira *et al.* 2012).

A partir dos dados apresentados na Tabela 4, observa-se que a propriedade analisada, apresenta desempenho econômico expressivo, que indicam um empreendimento rural com boa capacidade de valorização e geração de renda. Esses números refletem a eficiência na gestão dos recursos disponíveis e a adoção de práticas sustentáveis compatíveis com a realidade regional, fatores que refletem a eficiência produtiva e o potencial de valorização da agricultura familiar.

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) demonstra a importância de integrar as dimensões econômica, social e ambiental, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da agricultura familiar. De modo geral, a propriedade revela equilíbrio financeiro e potencial para aprimorar práticas sustentáveis, consolidando-se como referência em desenvolvimento sustentável.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

Tabela 4 – Relatório ISA

Indicador	Valor
Área total do estabelecimento (ha)	37,63
Nº de módulos fiscais rurais	1,00
Tipologia do produtor(a)	Agricultura Familiar
Renda bruta do empreendimento (R\$/ano)	R\$ 340.000,00
Renda bruta mensal (R\$/mês)	R\$ 28.333,33
Renda bruta por hectare (R\$/ha/ano)	R\$ 9.035,51
Renda bruta total (R\$/mês)	R\$ 29.547,33
Proporção da atividade principal (%)	45,1%
Evolução patrimonial total (%)	46,9%
Evolução patrimonial da terra (%)	9,1%
Produção/área cultivada	0,62

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa, mostrou-se satisfatória na avaliação de sustentabilidade socioeconômica e ambiental da propriedade Café da Luz localizada em Cacoal, Rondônia. Permitindo observar práticas sustentáveis, como também, apresentou-se como uma ferramenta viável ao produtor para gestão do seu empreendimento.

Assim, o profissional do agronegócio, consegue a partir de ferramentas, realizar um planejamento técnico com olhar à inovação, por meio de uma visão integrada entre os sistemas de produção sustentáveis e a conservação dos recursos naturais existentes, conforme estabelece a legislação ambiental, como também, prestar apoio técnico a instituições públicas ou privadas. Assim, a presente ferramenta analisada e aplicada em uma propriedade representa uma pequena fatia de dados e informações, que a nível municipal, ou estadual, tem informações suficientes para auxiliar na tomada de decisões, seja em um dos parâmetros de sustentabilidade analisados pela ferramenta ISA, ou outros pontos críticos que jogar necessário intervenção ou investimento.

Portanto, futuras pesquisas podem expandir este estudo, explorando a influência da sustentabilidade sobre a agricultura familiar, e como isso pode estar reconfigurando as relações sociais e econômicas na região, como também políticas públicas futuras para trazer soluções que impactam positivamente a vida desses produtores rurais, buscando cada vez mais a preservação da água e do solo.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. Disponível em:
https://arca.furg.br/images/stories/producao/agroecologia_short_port.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

AGRISHOW. **Agricultura 5.0: o que podemos esperar dela**. 23/03/2022. Disponível em:
<https://digital.agrishow.com.br/tecnologia/agricultura-50-o-que-podemos-esperar-dela>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BARICHELO, Diana Luisa. **Agricultura 5.0: inovações, trajetória da agricultura brasileira e os desafios climáticos**. 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/30906>. Acesso em: 10 set. 2024.

BECHARA, Evanildo. **Dicionário da língua portuguesa Evanildo Bechara**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, v. 230, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, 28 de maio de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.

_____. Lei nº 12.188, de 11 de janeiro de 2010. Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária - PRONATER. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 7, 12 de jan de 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12188.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.

CANUTO, Joao Carlos. **Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis**. 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1093717>. Acesso em: 13 jan. 2023.

_____. **Biblioteca Virtual da FAPESP**. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/pesquisador/92040/joao-carlos-canuto> . Acesso em: 13 jan. 2023.

CAVALCANTI, C. **Breve introdução à economia da sustentabilidade**. In: CAVALCANTI, C. (org.) *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro 1994. p. 7-13. Disponível em: <http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf>. Acesso em: 10 set. 2024.

CAVALCANTI, Isabella Eloy. **O form-based code na implementação de espaços de fruição pública integrada: estudo de aplicação no hub internacional para o desenvolvimento sustentável (HIDS)**. Campinas, SP: 2021. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/5655>. Acesso em: 4 jan. 2025.

CONWAY, Gordon R. **Análise participativa para o desenvolvimento agrícola sustentável**. Tradução de John Cunha Comerford. -Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. Disponível em: https://aspta.org.br/files/2016/09/An%C3%A1lise-participativa_-Conway.pdf. Acesso em: 4 jan. 2025.

DA COSTA, A. M., Ferreira, J. M. L., Viana, J. H. M., & de OLIVEIRA, A. R. (2013). **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/974884/1/Inidcadorressustentabilidade.pdf> Acesso em: 09 mai. 2023.

DOVERS, Stephen R.; HANDMER, John W. **Incerteza, sustentabilidade e mudança**. *Mudança Ambiental Global*, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0959378092900448>. Acesso em: 4 jan. 2025.

ELKINGTON, John. **Enter the Triple Bottom Line**. Chapter 1, 2004. Disponível em:
<https://www.johnelkington.com/archive/TBL-elkington-chapter.pdf>. Acesso em: 5 nov. de 2024.

EPAMIG. **Projeto De Adequação Socioeconômica e Ambiental Das Propriedades Rurais**. 2019. Disponível em: <https://www.epamig.br/ferramenta-desenvolvida-pela-epamig-auxilia-na-gestao-sustentavel-de-propriedades-rurais/>. Acesso em: 09 mai. 2023.

_____. **Projeto ISA - Planilha 2024 – Atualizado**. ISBN 978-85-99764-26-8. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). 2024. Disponível em:
https://www.epamig.br/tecnologias_lista/indicadores-de-sustentabilidade-em-agrossistemas-isa/. Acesso em: 04 dez 2024.

FERREIRA, José Mário L.; VIANA, João H. M.; COSTA, Adriana M.; SOUSA, Daniel V. D.; & FONTES, Andréia A. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12-25, 2012. Disponível em: <https://www.epamig.br/wp-content/uploads/2023/03/art2-ia271.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.

_____. **Gestão ambiental: o papel protagonista do produtor rural**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 35, p. 26-38, 2014. Disponível em: <https://www.epamig.br/wp-content/uploads/2023/03/IA-Edicao-especial-Artigo-Gestao-Ambiental.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

FONSECA, Eugênio *et al.* **Agro 4.0: Uma Ferramenta Web para Gestão e Análise da Sustentabilidade em Agroecossistemas**. In: Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web. SBC, 2017. p. 184-188. Disponível em:
https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/4860. Acesso em: 09 mai. 2023.

GIL, Antônio Carlos, 1946. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. e d. São Paulo: Atlas, 2002. p.50-108. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

GUIMARÃES, Roberto Pereira; FEICHAS, Susana Arcangela Quacchia. **Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade**. Ambiente & sociedade, v. 12, p. 307-323, 2009. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>. Acesso em: 4 jan. 2025.

GONÇALVES, Larisse Medeiros *et al.* **Trajetória de um Agroecossistema em Busca da Sustentabilidade: Um Estudo de Caso em Pato Branco (PR)**. Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 4, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6497>. Acesso em: 4 jan. 2025.

IHU ON-LINE, Revista Do Instituto Humanitas Unisinos. **Agroecossistemas e a ecologia da vida do solo. Por uma outra forma de agricultura**. João Vitor Santos, Edição 485, 16 Mai 2016. p. 37-39. Disponível em: <https://www.ihuonline.unisinos.br/artigo/6446-steve-gliessman>. Acesso em: 26 jun 2023.

INDEX, Environmental Sustainability. Benchmarking national environmental stewardship. **Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University**. 2005. p.13-15. Disponível em:
<https://sedac.ciesin.columbia.edu/es/esi/ESI2005.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

KAUFMANN, Marielen Priscila *et al.* **Resgate e conservação da agrobiodiversidade crioula em Ibarama-RS: estratégias de manutenção.** *Extensão Rural*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 66-78, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/231190440>. Acesso em: 4 jan. 2025.

LIMA, Meline Melegario *et al.* **A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade.** *Semioses*, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2019. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/392/167>. Acesso em: 24 de maio 2023.

MARTEN, Gerald G. **Productivity, stability, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystem assessment.** *Agricultural systems*. v. 26, n. 4, p. 291-316, 1988. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0308521X88900467>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MARTINS, Ana Raquel Paiva; FERRAZ, Fernando Toledo; COSTA, Márcio Macedo da. **Sustentabilidade ambiental como nova dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos países.** 2006. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13434/1/RB%2026%20Sustentabilidade%20Ambiental%20como%20Nova%20Dimens%C3%A3o%20do%20%C3%8Dndice%20de%20Desenvolvimento%20Humano%20dos%20Pa%C3%ADses_P_BD.pdf. Acesso em: 07 mai. 2023.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria de Andrade. **Agro 4.0-rumo à agricultura digital.** 2017. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1073150/Description>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MENDES, Pietro Adamo Sampaio. **Sustentabilidade na produção e uso do biodiesel.** Pietro Adamo Sampaio Mendes. - 1ª edição. - Curitiba: Appris, 2015.

MENDES, Angelo Mansur; MARCOLAN, Alaerto Luiz. **Solos e zoneamento pedoclimático.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 3, p. 55-81. *Café na Amazônia.* (Ed.). Espindula, M. C. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1023756>. Acesso: 8 out. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** Editora Vozes Limitada, 2011. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=PtUbBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Pesquisa+social+:+teoria,+m%C3%A9todo+e+criatividade+Maria+Cec%C3%ADlia+de+Souza+Minayo+\(organizadora\).+26.+ed.+%E2%80%94+Petr%C3%B3polis,+RJ+:+Vozes,+2007.+&ots=5Q0K8sHZXO&sig=tX382J-ftH7sL7C1k4WUjhbczvY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=PtUbBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Pesquisa+social+:+teoria,+m%C3%A9todo+e+criatividade+Maria+Cec%C3%ADlia+de+Souza+Minayo+(organizadora).+26.+ed.+%E2%80%94+Petr%C3%B3polis,+RJ+:+Vozes,+2007.+&ots=5Q0K8sHZXO&sig=tX382J-ftH7sL7C1k4WUjhbczvY#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 10 dez. 2024.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** *Estudos avançados*, v. 26, p. 51-64, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yJnRYLWXSwyxqggqDWy8gct/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

NESTLÉ. **Sustentabilidade é ação.** 2020. Disponível em: <https://www.nescafe-dolcegusto.com.br/sobre/sustentabilidade>. Acesso em: 20 mar. 2023.

_____. **Café para paladares Exigentes, tecnologia para mentes Conscientes.** 2020. Disponível em: <https://www.nescafe-dolcegusto.com.br/sustentabilidadeneo>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OLIVEIRA, Elcivan *et al.* **Cenário da Agricultura Familiar no Território Sertão Produtivo, Candiba-Ba.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 24, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1014>. Acesso em: 4 jan. 2025.

ONU BRASIL. **Organização das Nações Unidas no Brasil. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 nov. 2022.

PRIBERAM, **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa.** 2008-2024. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/indicador>. Acesso em: 30 de out. 2024.

RAMOS, Leonardo; GARCIA, Ana. **Breve história do G20 e a participação social na agenda brasileira para 2024.** CEBRI-Revista: Brazilian Journal of International Affairs, n. 9, p. 177-194, 2024. Disponível em: <https://cebri-revista.emnuvens.com.br/revista/article/view/160>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura.** Ambiente & sociedade, v. 17, p. 01-22, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/yJ9gFdvwTxMR5hyWtRR6SL/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

SILVA, Luiz Henrique Vieira da. **Aplicação e impactos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em grandes empresas privadas do setor industrial no Brasil.** 2021. Disponível em: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/handle/123456789/15255>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SILVA, Sergio Souza da; ANTONIAZZI, Elisiane Aparecida; NOVAK, Maricléia Aparecida Leite. **O Pronaf como instrumento de fixação do agricultor familiar no campo, evitando o êxodo rural.** Desenvolvimento Socioeconômico em Debate. 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/4545>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SOUZA, Luiz Tiago Soares de. **Avaliação da sustentabilidade de agricultores familiares em transição agroecológica no estado do Ceará: o uso do método IDEA.** 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/44297/3/2019_tcc_Itsdesouza.pdf. Acesso em: 10 mai. 2023.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** FGV editora, 2005. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EKPPu5y5WyIC&oi=fnd&pg=PA17&dq=INDICADORES+DE+sustentabilidade+conceito&ots=vYaGMv09Mf&sig=mTcuHTzO8eqZoATivV81VRGZ0rI#v=onepage&q=INDICADORES%20DE%20sustentabilidade%20conceito&f=false>. Acesso em: 24 jun 2023.

VALENTI, Wagner Cotroni; KIMPARA, Janaina Mitsue; ZADJBAND, Ariel David. **Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura.** Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E), n. 218, p. 71, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005723/1/Doc218.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

VEIGA, J. E. da. **Indicadores de sustentabilidade. Estudos Avançados.** 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>. Acesso em: 30 out 2024.

VEIGA, José Eli da; ZATZ, Lia. **Desenvolvimento sustentável: que bicho é esse?.** Campinas: Autores Associados. 2008. Disponível em: https://www.zeeli.pro.br/wp-content/uploads/2015/04/2008_DS_Que_bicho_e_esse_Veiga_Zatz.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

VERONA, J.E; AUGUSTO, L. *et al.* **Uso de indicadores compostos na análise da sustentabilidade de agroecossistemas de base familiar na região sul do Rio Grande do Sul.** Cadernos de Agroecologia v. 2, n. 2, 2007. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/2822>. Acesso em: 4 jan. 2025.

VIDAL, Mariane Carvalho; DE TOLEDO MACHADO, Cynthia Torres; DA SILVA PEREIRA, Yago. **Avaliação participativa da qualidade de solos em unidades de produção familiar de hortaliças no Distrito Federal**. Cadernos de Agroecologia. v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/18787>. Acesso em: 4 jan. 2025.

4C SERVICES GMBH. **4C Código de Conduta**. 2018. Disponível em: https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2019/04/4C-Code-of-Conduct_v2.3_PT.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.