



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ARIADNE GUERRA SOUZA

**MODELO PARA PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM
PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

**SUMÉ-PB
2023**

ARIADNE GUERRA SOUZA

**MODELO PARA PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM
PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.

**SUMÉ-PB
2023**



S729m Souza, Ariadne Guerra.
Modelo para planejamento da agricultura sustentável em pequenas propriedades rurais. / Ariadne Guerra Souza. - 2023.

99 f.

Orientadora: Professora Dr^a Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Agricultura sustentável. 2. Planejamento da agricultura sustentável. 3. Método multicritério de apoio à decisão. 4. Plantio sustentável - estratégia. 5. Value-focused Thinking. 6. FITradeoff. 7. Alagoa Nova - PB - agricultura sustentável. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II. Título.

CDU: 658.5(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

ARIADNE GUERRA SOUZA

**MODELO PARA PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM
PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:

**Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo.
Orientadora – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.
Examinador I – UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Diego José Araújo Bandeira.
Examinador II– UATEC/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 24 de outubro de 2023

**SUMÉ - PB
2023**

Aos meus pais, Adailton e Elza, e a
minha irmã, Ariane, por todo amor e
força ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças e sabedoria, iluminando-me diante de todas as dificuldades e guiando todos os meus passos nessa trajetória para que eu pudesse conquistar meu sonho.

Aos meus pais, Adailton e Elza, e a minha irmã, Ariane, por todo amor e apoio que me deram, e por mesmo de longe, estarem sempre presentes, ajudando-me a superar as dificuldades, acolhendo-me ao longo desse percurso, e acima de tudo, acreditando no meu potencial e vibrando a cada conquista. Vocês são os principais contribuintes dessa conquista.

A minha família, por terem me dado força, apoio e coragem para seguir nessa jornada e por torcerem pelo meu sucesso.

A minha orientadora, professora Maria Creuza Borges de Araújo, pelos ensinamentos em disciplinas e por ter me dado a oportunidade de ser sua orientanda desde à Iniciação Científica, acreditando no meu potencial e confiando em mim para desenvolver esse trabalho. Obrigada pela paciência e disponibilidade, todas as contribuições e conselhos foram essenciais.

Ao meu companheiro de vida, José, pelo companheirismo desde o início dessa jornada, tornando a caminhada mais leve e descontraída, sempre me ajudando a superar as dificuldades e me fazendo acreditar que eu era capaz. Obrigada por ter sido compreensível nas semanas cheias de obrigações, e não ter soltado a minha mão, fazendo-se presente em todos os momentos.

Aos meus amigos, presentes de Sumé, que estiveram comigo dividindo madrugadas com trabalhos e estudando para provas, me apoiando na vida acadêmica e pessoal. Obrigada pelo apoio e cumplicidade. Mariana, Denny, e Paloma sou muito grata a vocês, foram essenciais na minha formação, compartilharam todos os momentos difíceis, deixando-os mais leves e sendo compreensíveis comigo. Andreza e Isabella, obrigada por estarem comigo desde as minhas primeiras semanas em Sumé, por todo o companheirismo e conselhos. Amanda e Bruno vocês chegaram, aos poucos, nos momentos descontraídos e também se fizeram presentes nas dificuldades, obrigada. Um abraço a Leo, Karla, Vinicius, Mateus e João Pedro que também participaram desse percurso. Edson, Otto, Isac e Bárbara, obrigada por todos os momentos descontraídos e por sempre me escutarem. Também agradeço aos amigos (Hellen, Higor, Isadora, Júlio, Manoel, Keren e Corina), os veteranos de quando ingressei na universidade.

Às amigas de longas datas, obrigada por todo o apoio e assistência ao longo do curso. Vanessa N. por ter despertado o meu interesse pela Engenharia de Produção, obrigada por ter

contribuído para a minha formação, por todos os conselhos e reclamações que contribuíram para o meu crescimento. Vanessa H., Vanessa R., Vanessa G., Clara e Leylane obrigada pelo apoio e companheirismo.

A todos os docentes e funcionários do CDSA-UFCG que contribuíram de alguma forma para a minha formação, todas as experiências compartilhadas e aprendizado serão levados para a vida.

"Você não pode esperar construir um mundo melhor sem melhorar os indivíduos. Para esse fim, cada um de nós deve trabalhar para o seu próprio aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, compartilhar uma responsabilidade geral por toda a humanidade".

- Marie Curie

RESUMO

O crescimento da população fez com que houvesse um aumento considerável na demanda por alimentos, o que trouxe à tona uma preocupação global sobre as formas de suprir essa demanda, tendo em vista que, na maioria das vezes, os agricultores recorrem a práticas agrícolas convencionais que são agressivas ao meio ambiente. Assim, emerge um grande desafio relacionado à responsabilidade socioambiental, já que, para que os recursos naturais sejam aproveitados de maneira adequada, e possam gerar resultados positivos quanto à produção de alimentos, é necessário o uso de estratégias da agricultura sustentável. Diante disso, o presente trabalho possui como objetivo propor um modelo multicritério de apoio à decisão para o planejamento da agricultura sustentável em pequenas propriedades rurais. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, com o intuito de buscar trabalhos relacionados ao tema. Posteriormente, definiu-se uma sistemática para decisão acerca da estratégia de plantio sustentável. Inicialmente, o Value-focused Thinking é utilizado para a estruturação do problema e, em seguida, o FITradeoff é proposto para obter um ranking das estratégias de plantio. Por fim, realizou-se a aplicação do modelo proposto em uma propriedade rural de pequeno porte na cidade de Alagoa Nova. O modelo proposto apresentou como principais vantagens: procedimento estruturado para a abordagem das preferências dos decisores, inclusão dos aspectos qualitativos e quantitativos do processo, definição da estratégia de plantio sustentável mais adequada a propriedade, considerando os pilares da sustentabilidade em conjunto com as preferências do decisor.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Value-focused Thinking, FITradeoff.

ABSTRACT

Population growth has led to a considerable increase in demand for food, which has brought to light a global concern about ways to meet this demand, considering that, in most cases, farmers resort to conventional agricultural practices that are harmful to the environment. Thus, a challenge related to socio-environmental responsibility emerge, since, for natural resources to be used appropriately and to generate positive results in terms of food production, it is necessary to use sustainable agriculture strategies. Therefore, the present work aims to propose a multi-criteria decision support model for planning sustainable agriculture on small rural properties. To this end, a systematic review of the literature was made, with the aim of searching for works related to the topic. Subsequently, a system was defined for deciding on the sustainable planting strategy. Initially, Value-focused Thinking used to structure the problem, then FITradeoff is proposed to obtain a ranking of planting strategies. Finally, the proposed model was applied to a small rural property in Alagoa Nova. The proposed model presented the following main advantages: structured procedure to address decision-makers' preferences; inclusion of qualitative and quantitative aspects of the process; definition of the most appropriate sustainable planting strategy for the property, consider the pillars of sustainability in conjunction with the decision-maker's preferences.

Keywords: Sustainability, Value-focused Thinking, FITradeoff.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	48
Equação 2	51
Equação 3	48
Equação 4	48
Equação 5	48
Equação 6	48
Equação 7	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquematização da estrutura do trabalho.....	20
Figura 2 - Tripé da sustentabilidade em diagrama de Venn.....	24
Figura 3 - Fatores que caracterizam a Revolução Verde.....	28
Figura 4 - Fundamentos da agricultura sustentável.....	29
Figura 5 - Impactos das estratégias de plantio sustentável.....	37
Figura 6 - FITradeoff DSS para a problemática de ordenação.....	52
Figura 7 - Classificação da pesquisa científica.....	55
Figura 8 - Procedimento metodológico utilizado na pesquisa.....	56
Figura 9 - Etapas para a modelagem de projetos de PO.....	57
Figura 10 - Modelagem realizada na pesquisa.....	59
Figura 11 - Microrregião do Brejo Paraibano	63
Figura 12 - Rede de objetivos meios-fins.....	67
Figura 13 - Diagrama de Hasse da pré-ordem das alternativas	75
Figura 14 - Diagrama de Hasse do ranking completo das alternativas	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de trabalhos por estratégia de plantio.....	32
Gráfico 2 - Quantidade de trabalhos por ano.....	32
Gráfico 3 - Distribuição dos trabalhos encontrados por ano e as respectivas estratégias.....	33
Gráfico 4 - Percentual de mudanças na posição do ranking de cada alternativa.....	78
Gráfico 5 - Ranking das alternativas gerado nas análises de sensibilidade da “conservação da água” e dos riscos de monocultura	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - As cinco dimensões do desenvolvimento sustentável definidas por Sachs (1993) e adaptadas por Montibeller-Filho (2001).....	19
Quadro 2 - Estratégias de plantio sustentável	28
Quadro 3 - Critérios considerados para a decisão acerca da estratégia de plantio sustentável.....	32
Quadro 4 - Métodos utilizados para a tomada de decisão.....	36
Quadro 5 - Técnicas para identificação dos objetivos.....	38
Quadro 6 - Aspectos identificados	58
Quadro 7 - Hierarquização dos objetivos estratégicos, fundamentais e meios	59
Quadro 8 - Critérios para a avaliação das alternativas	62
Quadro 9 - Critérios atendidos por cada alternativa.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de impactos de acordo com os pilares da sustentabilidade.....	38
Tabela 2 - Critérios para a avaliação das alternativas.....	74
Tabela 3 - Constantes de escala geradas pelo sistema.....	75
Tabela 4 - Ranking completo das alternativas.....	76
Tabela 5 - Ranking completo das alternativas gerado na análise de sensibilidade com o peso da “Conservação da água” alterado.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura

ONU – Organização das Nações Unidas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

VFT – *Value-Focused Thinking*

AFT – *Alternative Focused Thinking*

MCDA – Métodos de análise de decisão multicritério

FITradeoff - Flexible and Interactive Tradeoff

DSS - *Decision Support System*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1	SUSTENTABILIDADE.....	22
2.2	AGRICULTURA SUSTENTÁVEL.....	27
2.3	ESTRATÉGIAS DE PLANTIO SUSTENTÁVEL.....	30
2.3.1	Análise Descritiva.....	31
2.3.2	Análise Sistemática.....	33
2.4	VALUE-FOCUSED THINKING (VFT).....	44
2.5	MÉTODOS DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	47
2.5.1	Flexible and Interactive Tradeoff.....	49
3	METODOLOGIA.....	54
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	54
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	56
4	MODELO PARA PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL.....	59
4.1	ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA POR MEIO DO VFT.....	60
4.2	SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PLANTIO SUSTENTÁVEL.....	61
5	APLICAÇÃO DO MODELO.....	63
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE.....	63
5.2	APLICAÇÃO DO VFT.....	64
5.2.1	Definição dos critérios.....	69
5.2.2	Definição das alternativas.....	72
5.2.3	Determinação da estratégia de plantio sustentável.....	73
5.2.4	Análise de sensibilidade.....	77
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
	REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional advindo da globalização e desenvolvimento da sociedade comprometeu o acesso aos recursos naturais, trazendo à tona a preocupação em garantir a segurança alimentar da população e, conseqüentemente, contribuiu para a busca de formas de suprir a demanda de alimentos. Segundo Soulé *et al.* (2023), esta busca levou a uma intensificação da agricultura, com o intuito de aumentar os níveis de produção.

De acordo com Raamsdonk *et al.* (2023), a agricultura passou a ser marcada por dois fatores: a maximização da segurança alimentar e a minimização da pegada ecológica. No entanto, apesar de suprir a demanda de alimentos e dos benefícios econômicos provenientes, essa intensificação agrícola ocasionou preocupações relacionadas aos impactos acarretados no meio ambiente (Peng *et al.*, 2022). Huan *et al.* (2022) e Ma e Wang (2020) reiteram que vários estudos constataram que as práticas agrícolas inadequadas poderão ocasionar diversas conseqüências que comprometem o bem-estar humano, a produção agrícola e a segurança alimentar, tais como a poluição do ar e da água, redução da biodiversidade, danos à saúde humana, solos degradados, dentre outros.

Nesse sentido, para Yang *et al.* (2022), a agricultura sustentável é primordial para mitigar os impactos ambientais negativos, uma vez que utiliza tecnologias que possibilitam a preservação dos recursos e do meio ambiente. Além disso, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2019), essa forma de agricultura, em conjunto com a gestão adequada dos recursos naturais, corrobora para extinguir as causas da pobreza e da fome, ao passo que contribuem para a conquista dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2006).

Desta forma, na perspectiva de Boyabatli, Nasiry e Zhou (2019), a agricultura sustentável busca cultivar alimentos de modo ecologicamente e eticamente responsável, fazendo o uso de mecanismos que melhorem a qualidade do ambiente e façam com que a atividade agrícola seja viável do ponto de vista econômico. Ademais, para Khwidzhili e Worth (2016), esse tipo de agricultura é fundamentada em cinco pilares: manter e aumentar a produtividade biológica, diminuir o nível de risco para garantir maior segurança, proteger a qualidade dos recursos naturais, garantir a viabilidade econômica da produção agrícola e garantir que a produção agrícola seja socialmente aceitável e aceita.

Khwidzhili e Worth (2017) afirmam que, embora a agricultura sustentável e o desenvolvimento sustentável sejam conceitos diferentes, há uma ligação direta entre os dois, de

forma que os pilares tradicionais da sustentabilidade devem ser utilizados na agricultura sustentável, sendo eles: ambiental, econômico e social. Assim, os critérios para planejamento da agricultura sustentável devem estar relacionados aos pilares citados.

Nessa perspectiva, é essencial o uso de modelos estruturados que auxiliem na determinação de técnicas de agricultura sustentável, a fim de utilizar os recursos naturais de forma eficiente e eficaz. Deve-se ainda considerar que essa decisão é complexa e envolve vários fatores (Costa, 2010; Abdu-raheem e Worth, 2013; Khwidzhili e Worth, 2019; Khwidzhili e Worth, 2020), caracterizando-se como um problema de decisão multicritério.

Diante do exposto, surge o seguinte problema de pesquisa: como elaborar um modelo de decisão multicritério para determinar estratégias de agricultura sustentável adequadas às propriedades rurais?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Propor um modelo multicritério de apoio à decisão para planejamento de agricultura sustentável em pequenas propriedades rurais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar as alternativas e critérios importantes para o planejamento de agricultura sustentável;
- Utilizar o *Value-Focused Thinking* para estruturação do problema;
- Definir um método adequado para o planejamento de agricultura sustentável;
- Aplicar o modelo proposto em uma propriedade rural de pequeno porte.

1.2 JUSTIFICATIVA

As estatísticas globais sobre o número de pessoas que sofrem com escassez de alimentos, acarretando a fome e desnutrição nos países em desenvolvimento, continuam aumentando a níveis sem precedentes (Chivasa, 2019). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2023), os dados do Relatório da Fome e da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo apontam que, em média, 735 milhões de pessoas sofreram com a fome no ano de 2022.

Neste sentido, Khwidzhili e Worth (2020) afirmam que o aumento da população mundial e da demanda por alimentos faz com que a maioria dos agricultores recorra a práticas agrícolas não sustentáveis. Entretanto, a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar são partes das Metas de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU), de maneira que o segundo objetivo da 1ª meta busca “reduzir pela metade a proporção de pessoas que sofrem de fome”, enquanto a conservação da biodiversidade aparece na 7ª meta, que busca “garantir a sustentabilidade ambiental” (ONU, 2006).

Diante disso, para Hunter *et al.* (2017), a crescente demanda por alimentos exige uma produção agrícola que aumente consideravelmente, mas com o mínimo de impactos ambientais possíveis, como forma de resguardar as funções críticas do ecossistema. Assim, é fundamental que os agricultores recorram à agricultura sustentável para a produção de alimentos.

Segundo de Oliveira Silva *et al.* (2016) e Firbank *et al.* (2018), definir indicadores para medir a sustentabilidade de um sistema agrícola é muito complexo e, por isso, torna-se indispensável escolher estratégias agrícolas sustentáveis, baseando-se na avaliação de aspectos ambientais, econômicos e sociais. Nesta perspectiva, Abdu-Raheem e Worth (2013) reiteram que são necessárias pesquisas para a proposição de modelos estruturados para o planejamento da agricultura sustentável.

Assim, a presente pesquisa possui como maior contribuição a proposição de um modelo estruturado para a decisão acerca da estratégia de plantio sustentável mais apropriada às necessidades e aos critérios dos produtores rurais, considerando os pilares da sustentabilidade.

Para os proprietários rurais, esta pesquisa trará benefícios porque as decisões do modelo irão auxiliá-los a alcançar os objetivos sustentáveis, que aliam fatores econômicos, tal qual a lucratividade, a fatores sociais e ambientais, resultando em um melhor aproveitamento da propriedade a longo prazo.

Como benefícios para a sociedade, o uso de estratégias de agricultura sustentável auxilia no alcance da primeira das Metas de Desenvolvimento do Milênio estabelecidas pela ONU, que visam erradicar a fome e pobreza no mundo, já que tais estratégias proporcionam o melhor uso das áreas rurais, aumentando a produção agrícola, viabilizando a produção de alimentos mais saudáveis e, concomitantemente, respeitando o meio ambiente e preservando a biodiversidade natural.

Além disso, este trabalho é de grande valia para área acadêmica, visto que o uso da Pesquisa Operacional (PO) é adequado para encontrar soluções para problemas complexos.

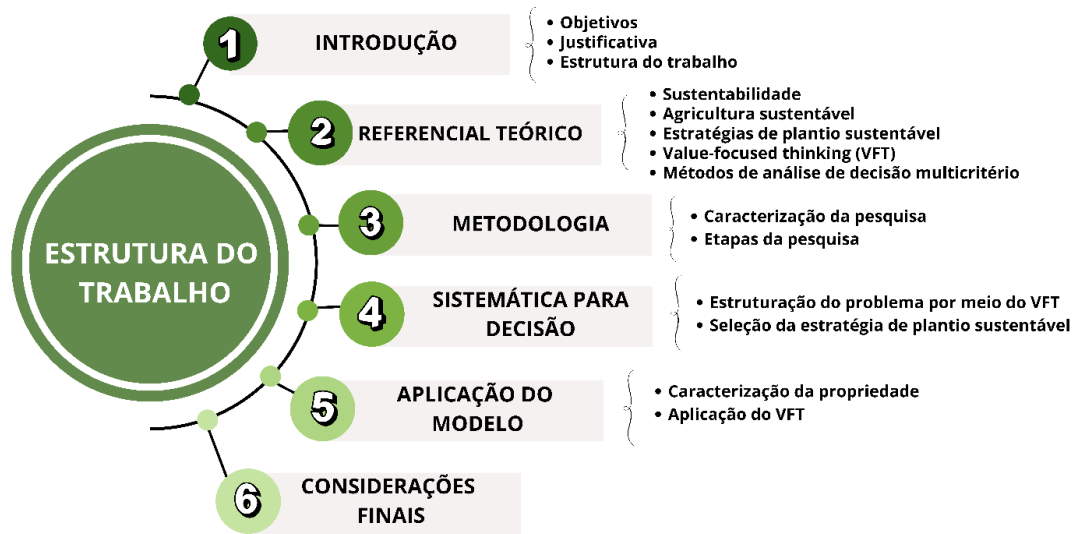
Assim, outros pesquisadores e proprietários rurais poderão aplicar a metodologia proposta em decisões de agricultura sustentável, uma vez que o modelo proposto foi estruturado por meio da metodologia do *Value-Focused Thinking* e com isso, permite aos usuários considerarem seus critérios, necessidades e preferências específicas a fim de tomar a decisão mais adequada para a situação em estudo. Além disso, contribuirá para futuras pesquisas, visto que realizou uma revisão sistemática da literatura, buscando trabalhos acerca do tema.

Por fim, o modelo estruturado foi aplicado em uma propriedade rural localizada no Estado da Paraíba, na Mesorregião do Agreste Paraibano, uma vez que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021), ele é responsável por cerca de 66,67% (21365 hectares) da área destinada à produção agrícola do Estado para o cultivo de lavouras permanentes. Além disso, ainda segundo o IBGE (2021), levou-se em consideração a Microrregião com a maior área destinada ao plantio, sendo o Brejo Paraibano (10662 hectares). Ademais, o município onde a propriedade está situada é Alagoa Nova, que possui aproximadamente 35,73% da área da Microrregião para o plantio. Já para as lavouras temporárias, o Agreste Paraibano é responsável por 26,95% (81871 hectares) da área disponível para o cultivo, onde a Microrregião do Brejo Paraibano se destaca como a terceira maior (16,60%) em extensão territorial para o cultivo, e o município de Alagoa Nova possui 9,31% da área plantada dessa microrregião.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi realizado em seis etapas, que são demonstradas na Figura 1.

Figura 1 - Esquematização da estrutura do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A primeira seção do trabalho consiste na introdução, que faz uma breve contextualização acerca da agricultura sustentável, apresentando a problemática existente, os objetivos geral e específicos do trabalho, bem como a justificativa da pesquisa e a estruturação do Trabalho de Conclusão de Curso.

Na segunda seção, é apresentado o referencial teórico que serviu de base para a realização da pesquisa, assim como uma revisão sistemática da literatura de trabalhos que abordaram sobre estratégias de plantio sustentável. Desse modo, são abordados temas como: sustentabilidade, agricultura sustentável, estratégias de plantio sustentável, value-focused thinking e métodos de análise de decisão multicritério.

A terceira seção mostra o procedimento metodológico da pesquisa. Inicialmente, caracteriza-se a pesquisa quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Posteriormente, elucidou-se todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do trabalho, detalhando-as e mostrando o que foi atingido em cada uma.

Já a quarta seção consistiu na estruturação da sistemática para a decisão acerca de estratégia de plantio sustentável, a qual é composta por duas etapas: a estruturação do problema por meio do Value-focused Thinking (VFT) e a seleção da estratégia de plantio sustentável utilizando o FiTradeoff. Nesse sentido, de maneira geral, essa seção tem o objetivo de abordar sobre o modelo genérico que foi estruturado para definir as melhores estratégias de plantio

sustentável para a propriedade em estudo. Entretanto, vale mencionar que esse modelo pode ser aplicado em outras propriedades para o mesmo tipo de decisão.

A quinta seção, por sua vez, apresenta a aplicação do modelo que foi estruturado. Dessa maneira, inicialmente fez-se necessário caracterizar a propriedade em estudo, aplicar o VFT para a estruturação do problema e, por fim, aplicar o método de análise de decisão multicritério selecionado, o FITradeoff. Por fim, a sexta seção do trabalho consistiu nas considerações finais, que aborda as principais contribuições e trazendo sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresentará a revisão bibliográfica da literatura. Nela, será abordado sobre temas essenciais como sustentabilidade, agricultura sustentável, estratégias de plantio sustentável, bem como *Value-focused Thinking* e Métodos de Decisão Multicritério, utilizados para a fundamentação teórica que serviu como base da pesquisa.

2.1. SUSTENTABILIDADE

De acordo com Matta (2013), o processo de industrialização e o conseqüente avanço tecnológico, juntamente com a globalização e o progresso do capitalismo, trouxeram consigo uma busca incessante pelo desenvolvimento econômico. Ainda segundo o autor, essa busca fez com que houvesse cada vez mais a exploração dos recursos naturais, visto que se buscava desenfreadamente aumentar os níveis de produção de bens dos mais diversos segmentos de mercado, como forma de atender à demanda dos produtos que aumentava progressivamente.

Dessa forma, para Nascimento (2008), a natureza era enxergada como uma fonte inesgotável de recursos, e a produção em larga escala para satisfazer os níveis elevados de consumo fazia com que não se considerasse os efeitos negativos causados ao meio ambiente. Tendo em vista a intensificação desse processo, em 1960, no Clube de Roma, diversos pesquisadores alertaram sobre esse crescimento e estruturaram um documento denominado Relatório Limites do Crescimento, publicado no ano de 1972, que proporcionou mundialmente uma consciência sobre os limites dessa exploração.

Segundo Matta (2013), esse documento corroborou para que, ainda no mesmo ano, ocorresse em Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde foram discutidas as primeiras ideias sobre sustentabilidade e as conseqüências do modo de produção vigente, procurando-se relacionar as problemáticas ambientais com o crescimento econômico. Diante da crise ambiental decorrente dessa exploração exacerbada e dos altos níveis de consumo da sociedade, de acordo com Rodrigues (2018), a Comissão Mundial de Ambiente e Desenvolvimento publicou o documento “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório de *Brundtland*, no ano de 1987. Este relatório trazia à tona um conceito diretamente relacionado com a sustentabilidade, o conceito de desenvolvimento sustentável.

Posteriormente, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu outra Conferência Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente, que ficou conhecida como Rio-92, que, na perspectiva de Nascimento (2008), foi um dos eventos mais marcantes na história da Sustentabilidade, pois por meio dela foi ressaltado a importância do desenvolvimento econômico atrelado à preservação ambiental, fazendo com que o conceito de desenvolvimento sustentável ganhasse força.

Segundo Sampaio (2011), a sustentabilidade é constituída por políticas que visam a preservação ambiental à proporção que há o desenvolvimento econômico, englobando aspectos como: os referentes à economia e a sociedade; conservação e gerenciamento de recursos; maneiras de implementar as medidas abordadas no documento. Ainda de acordo com a Agenda, é necessário a mudança no estilo de vida das pessoas, fazendo com que haja a produção de riquezas com uma menor dependência dos recursos finitos da natureza (Isaias, 2008).

Nessa perspectiva, pode-se constatar que a preocupação ambiental vem crescendo gradativamente e conseqüentemente, a sustentabilidade vem sendo pauta de discussões a nível mundial, com isso diversos caminhos estão sendo buscados para o seu alcance (Souza, 2020). Dessa forma, são encontradas diversas definições de sustentabilidade na literatura.

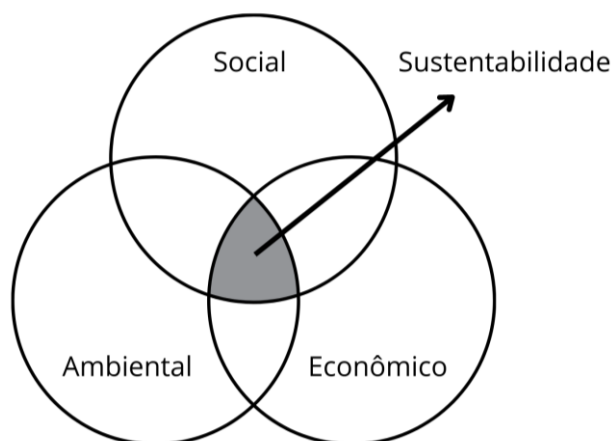
De acordo com Elkington (2012, p.15), a sustentabilidade pode ser compreendida como “[...] o princípio que garante que as atitudes tomadas hoje não limitarão o conjunto de opções econômicas, sociais e ambientais disponíveis para as futuras gerações”. Essa abordagem está relacionada ao conceito de desenvolvimento sustentável que foi apresentado no Relatório de *Brundtland* (1987), o qual afirma que esse desenvolvimento "satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Rodrigues (2018) complementa que a sustentabilidade permite que haja o desenvolvimento econômico de modo que explore a natureza racionalmente e, além disso, atentando-se para a diversidade territorial. Para Tan e Lu (2016), essa proporciona à mudança no estilo de vida da sociedade e dos modos de produção vigentes.

Para o alcance da sustentabilidade, de acordo com Lugoboni *et al.* (2015), é imprescindível que os âmbitos ambiental, econômico e social sejam desenvolvidos de forma conjunta. Esses três âmbitos são considerados os pilares da sustentabilidade, efinidos por John Elkington como a *Triple Bottom Line*, também conhecido como tripé da sustentabilidade, devido ao fato de englobarem três aspectos do desenvolvimento sustentável: pessoas, planetas

e lucros (ALVARENGA *et al.*, 2013). Na concepção de Valadão Júnior, Malaquias e Sousa (2008), esses pilares representam os capitais natural, artificial e humano. A Figura 2 demonstra o tripé da sustentabilidade por meio de um diagrama.

Figura 2 - Tripé da sustentabilidade em diagrama de Venn



Fonte: Elkington (1997).

A Figura 2 ilustra o tripé da sustentabilidade definido por Elkington (1997), apresentando os três pilares: social, ambiental e econômico. Por meio dela, é possível perceber que a sustentabilidade só é alcançada quando há o desenvolvimento nesses três âmbitos.

Segundo Souza (2020), a sustentabilidade no âmbito ambiental diz respeito à preservação ambiental, de modo que os recursos naturais (renováveis e não-renováveis) sejam utilizados, mas a exploração ocorra de forma racional, respeitando os limites da natureza, visto que quando isso ocorre, os ecossistemas conseguirão se regenerar após as intervenções do homem e assim, garantirem o seu equilíbrio. No entanto, para que o desenvolvimento ambiental ocorra, além da retirada de recursos conscientemente, é essencial que haja uma menor degradação ambiental, minimizando os impactos ambientais provenientes da emissão de gases poluentes na atmosfera, poluição da água e do solo, geração de resíduos, entre outros (Claro; Claro; Amâncio, 2008).

A sustentabilidade econômica, por sua vez, está relacionada com positivos resultados econômicos, no qual a renda dos indivíduos será aumentada e conseqüentemente, o padrão de vida também (Claro; Claro; Amâncio, 2008). Com isso, Silva (1995) reitera que os recursos devem ser realocados de maneira eficiente e o gerenciamento dos mesmos deve ser otimizado. Além disso, esse âmbito envolve também as transações econômicas (Silva; Mendes, 2005).

Por fim, a sustentabilidade social é referente ao desenvolvimento da sociedade, levando em consideração fatores como o bem-estar humano e a desigualdade social (Lugoboni *et al.*, 2015). Souza (2020) acrescenta que engloba também controle do aumento populacional, formas de moradia e trabalho. O autor ainda destaca que a redução da pobreza é o aspecto mais importante desse pilar. Para Reis (2010), outro fator fundamental que esse pilar tem como objetivo é a igualdade das oportunidades para os indivíduos, independentemente da realidade cultural que cada um pertence, ou seja, visa uma homogeneidade da sociedade.

Apesar da maioria dos autores defenderem que a sustentabilidade possui apenas os pilares supracitados, Montibeller-Filho (2001) aponta que Sachs (1993) considera que há cinco pilares da sustentabilidade. O Quadro 1 apresenta essas cinco dimensões.

Quadro 1 - As cinco dimensões do desenvolvimento sustentável definidas por Sachs (1993) e adaptadas por Montibeller-Filho (2001)

DIMENSÃO	COMPONENTES	OBJETIVOS
Sustentabilidade Social	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada; • Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais. 	Redução das desigualdades
Sustentabilidade Econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo permanente de investimentos públicos e privados; • Manejo eficiente dos recursos; • Absorção dos custos ambientais; • Endogeneização: contar com suas próprias forças. 	Aumento da produção e da riqueza social, sem dependência externa
Sustentabilidade Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> • Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas; • Prudência no uso dos recursos naturais; 	Melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações

	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis; • Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia; • Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos; • Cuidados ambientais. 	
Sustentabilidade Espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Desconcentração espacial (de atividades e de população); • Desconcentração/democratização do poder local e regional; • Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centrípetos). 	Evitar excesso de aglomerações
Sustentabilidade Cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Soluções adaptadas a cada ecossistema; • Respeito à formação cultural comunitária. 	Evitar conflitos culturais com potencial agressivo

Fonte: Sachs (1993) adaptado por Montibeller-Filho (2001).

De acordo com o Quadro 1, é possível observar que Sachs (1993) acrescentou dois pilares: o espacial e o cultural, os quais estão relacionados com a sustentabilidade social, visto que por meio da sustentabilidade espacial, será possível reorganizar a dinâmica do espaço, com uma configuração mais adequada de forma que haja uma distribuição de pessoas nas cidades de forma equilibrada, havendo assim a democratização do espaço. Já a sustentabilidade cultural permite que haja a diminuição dos conflitos culturais existentes na sociedade, além de contribuir para uma mudança nos hábitos e comportamentos das pessoas, buscando formas mais adequadas de exploração para os ecossistemas.

Nessa perspectiva, para alcançar a sustentabilidade é necessário que haja mudanças em uma série de fatores e atividades desenvolvidas. Dentre elas, destaca-se a agricultura que, na concepção de Calicioglu *et al.* (2018), resulta em problemas ambientais, e como consequência traz riscos de âmbito social e econômico. Alguns efeitos provenientes dessa atividade são o

desmatamento, degradação dos recursos naturais, perda da biodiversidade, emissão de gases poluentes e as mudanças climáticas.

Para Kissinger, Herold e De Sy (2018), as áreas rurais são desmatadas a fim de aumentar a produção agrícola, com o intuito de atender a demanda que é cada vez maior. Com isso, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação FAO (2016) aponta que decorrente disso, ocorrem as mudanças climáticas que, por sua vez, resultam na destruição dos meios de subsistência e assim, trazem implicações para a segurança alimentar, redução das oportunidades de emprego e conseqüentemente, a pobreza. Diante desse cenário, é possível perceber como a mudança das práticas agrícolas é essencial e o quanto é necessário recorrer a uma agricultura sustentável.

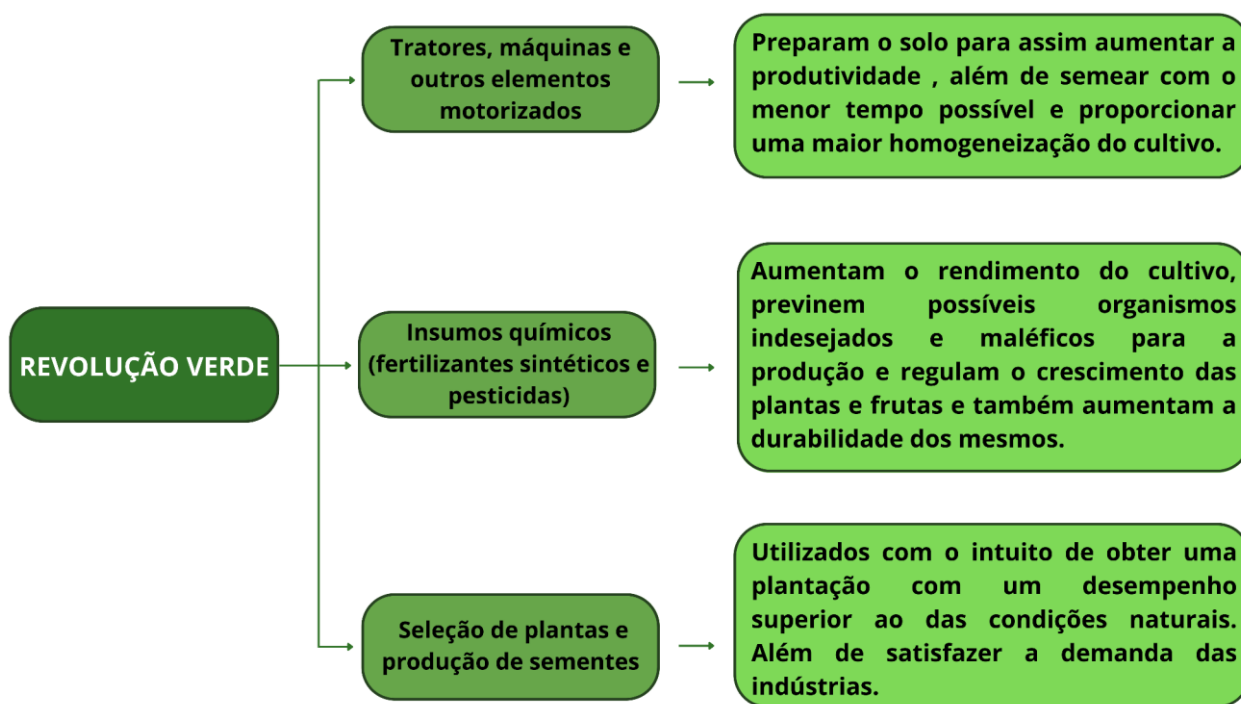
2.2. AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Segundo Tal (2018), a agricultura familiar, também conhecida como agricultura orgânica, é uma atividade existente desde os primórdios da humanidade, que é caracterizada pela utilização de práticas orgânicas, ainda sem a presença de produtos químicos. O autor complementa que, posteriormente, Fritz Haber criou a amônia, que possibilitou o desenvolvimento desses produtos. Para Mart (2015), os produtos químicos passaram a ser comercializados apenas a partir de 1945, o que fez com que as pessoas os utilizassem nas práticas agrícolas, ainda que de forma reduzida. No entanto, Roest *et al.* (2017) complementa que o desenvolvimento da globalização fez com que a população aumentasse de forma significativa, e assim, para suprir a demanda de alimentos, deu-se início a produção em massa. Dessa forma, de acordo com Robinson (2018), isso fez com que surgisse a agricultura produtivista, conhecida como agricultura industrial. As práticas realizadas nesse tipo de agricultura são marcadas pela forte presença do uso de insumos químicos e técnicas inadequadas do ponto de vista ambiental que, segundo Calicioglu *et al.* (2019), causam inúmeros impactos ao meio ambiente, visto que implicam em ameaças aos recursos naturais.

Junto ao uso de insumos químicos nas atividades agrícolas, Zapata (2021) aponta que ocorreram diversas transformações tecnológicas, nas quais os interesses da agricultura moderna eram voltados para o fornecimento de matérias-primas para a indústria, tendo assim o seu foco voltado para o aumento dos níveis de produção, lucratividade e rendimentos. Com isso, deu-se início a revolução verde que, ainda na perspectiva dos autores, foi marcada por três fatores: tratores, máquinas e outros elementos motorizados; insumos químicos (fertilizantes sintéticos e pesticidas); seleção de plantas e produção de sementes. Para Wang, Yoshida e Matsuoka

(2021), esses fatores foram incrementados na agricultura com o intuito de aumentar o rendimento das culturas agrícolas. Os aspectos supracitados estão explicitados na Figura 3.

Figura 3 - Fatores que caracterizam a Revolução Verde



Fonte: Adaptado de Zapata (2021).

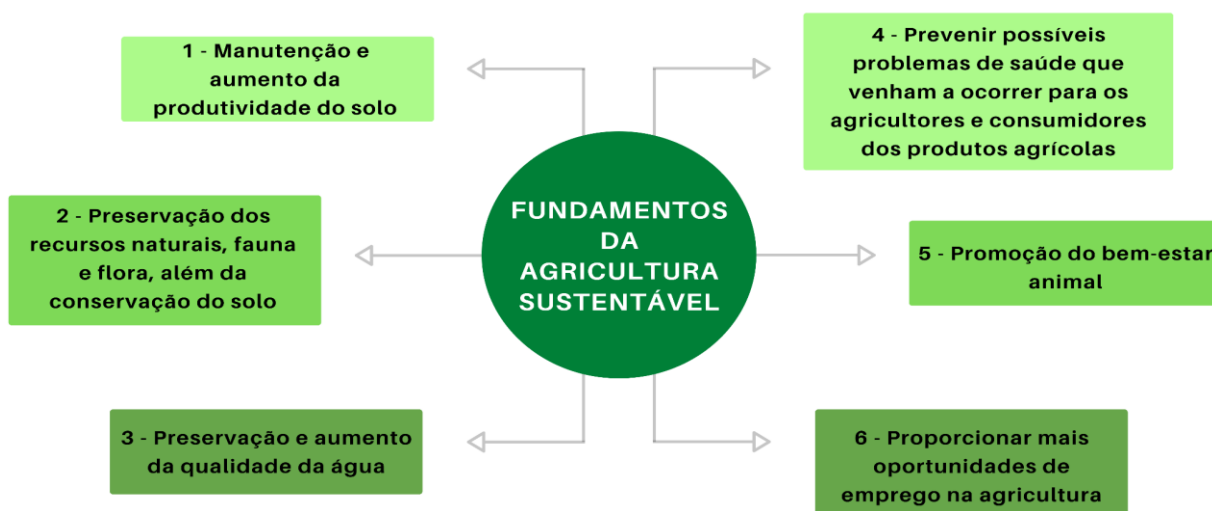
Nesse sentido, pode-se perceber que os fatores presentes na Figura 3 permitiram que houvesse o aumento da produtividade, obtendo-se uma produção intensiva e conseqüentemente, conseguindo acompanhar o ritmo das indústrias, além de proporcionar o suprimento da demanda alimentar de grande parte da população, que aumentava cada vez mais. No entanto, Thompson (2017), e Duru, Sarthou e Therond (2022) apontam que essa forma de agricultura trouxe inúmeros danos ambientais, tais como a erosão do solo, desmatamento, eutrofização da água, contaminação de solos e lençóis freáticos, esgotamento dos solos, emissões de gases no efeito estufa, dentre outros. Além disso, para Karimi *et al.* (2020), esses impactos resultam em mudanças climáticas.

João e Babu (2021) complementam que esse sistema acarreta também danos à saúde devido aos agrotóxicos que causam danos aos sistemas endócrino, reprodutivo e imunológico, tanto das pessoas que consomem os alimentos, quanto para os agricultores que ficam expostos aos agrotóxicos e não utilizam equipamentos de proteção individual, podendo até mesmo desenvolver câncer. Nesse sentido, “a destruição da biodiversidade na Terra seria um

impedimento não só para o progresso da agricultura, como também poderia inviabilizar a vida de muitos dos organismos que habitam o planeta (inclusive nós)” (Arús, 2018).

Diante dessa perspectiva, é fundamental a presença da sustentabilidade nas práticas agrícolas. Assim, de acordo com Russo (2020), no ano de 1995 ocorreu um simpósio designado como "Agricultura Sustentável e o Projeto de Lei Agrícola de 1995" que abordou sobre os fundamentos de uma agricultura sustentável, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Fundamentos da agricultura sustentável



Fonte: Adaptado de Russo (2020).

Segundo Laurett, Paço e Mainardes (2020), ainda não se tem uma definição concreta do que seria a agricultura sustentável, devido ao fato de que a mesma possui métricas muito complexas, de forma que diversos autores tentam defini-la com base na definição de desenvolvimento sustentável. De acordo com Robinson (2018), a sustentabilidade na agricultura:

“ [...] é geralmente considerada como implicando sistemas de produção que atendem às necessidades atuais da sociedade por alimentos e fibras sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. A agricultura sustentável busca integrar um ambiente saudável, lucratividade econômica, equidade social e econômica e capacidade de adaptação às mudanças climáticas”.

Nesse sentido, para Marcelino-Aranda *et al.* (2017), a agricultura sustentável está fortemente relacionada ao principal objetivo do desenvolvimento sustentável, visto que essa tem o propósito de fornecer produtos agrícolas, mas sem prejudicar as gerações futuras. Cederholm Björklund (2018) complementa que há duas questões que estão intrinsecamente

interligadas e constituem o objetivo da agricultura sustentável, a primeira diz respeito a preservação do meio ambiente, a outra é com relação a alimentação da população.

Na literatura são encontradas diversas críticas relacionadas à essa forma de agricultura visto que alguns estudiosos defendem que a agricultura produtivista é mais benéfica, uma vez que a produtividade é maior e conseqüentemente a lucratividade também. Entretanto, na concepção de Zapucioiu, Turcea e Tarhini (2022), a agricultura sustentável utiliza diversas práticas tradicionais, atreladas a inovação e a ciência e, como resultado, obtém melhor qualidade de vida para a população, além da preservação ambiental.

Dessa forma, Tal (2018) aponta que diversos estudiosos abordam sobre a agricultura orgânica, defendendo que a mesma apresenta diversos benefícios do ponto de vista da sustentabilidade, como: redução dos danos causados à saúde do trabalhador devido aos fertilizantes químicos, produtos mais nutritivos e com um sabor melhor, preservação do solo, de modo que repõe os seus nutrientes, redução dos custos com insumos, dentre outros. Com isso, essa forma de agricultura contribui para a preservação ambiental.

Mesmo trazendo uma série de benefícios para o meio ambiente, essa agricultura alternativa apresenta uma série de desafios no que se refere a adentrar no mercado nacional. Na perspectiva de Bruce (2019), isso ocorre devido ao fato de que a agricultura sustentável é praticada por pequenos produtores, que não dispõem de capital para o investimento em tecnologias limpas ou ainda de conhecimentos técnicos atualizados, e com isso a produção acaba sendo menor. Em contrapartida, Laurett, Paço e Mainardes (2021) destacam que ainda assim esses agricultores reconhecem o quanto as tecnologias e inovações são essenciais para uma agricultura sustentável.

Assim, enfatiza-se o fato de que essa atividade requer uma grande quantidade de mão de obra, além de um tempo maior para a produção, no entanto, contribui ainda mais para a preservação dos recursos naturais, tendo em vista que esses produtores recorrem a estratégias de plantio sustentáveis. Além disso, de acordo com Hamilton (2010) e Niewolny e Lillard (2010), é importante salientar ainda que existem organizações de base para fornecerem subsídios e mentorias para os pequenos agricultores, buscando auxiliá-los nessa adoção de medidas sustentáveis.

2.3 ESTRATÉGIAS DE PLANTIO SUSTENTÁVEL

De acordo com Rockstrom *et al.* (2017), um dos maiores paradigmas da agricultura é como ter uma atividade visando a mitigação dos impactos ambientais ao passo que ocorre um

aumento da produtividade. Ainda segundo o autor, a única estratégia que contribui para o alcance desse objetivo é a agricultura sustentável, que possibilita aumentar a produção utilizando o mínimo de recursos possíveis.

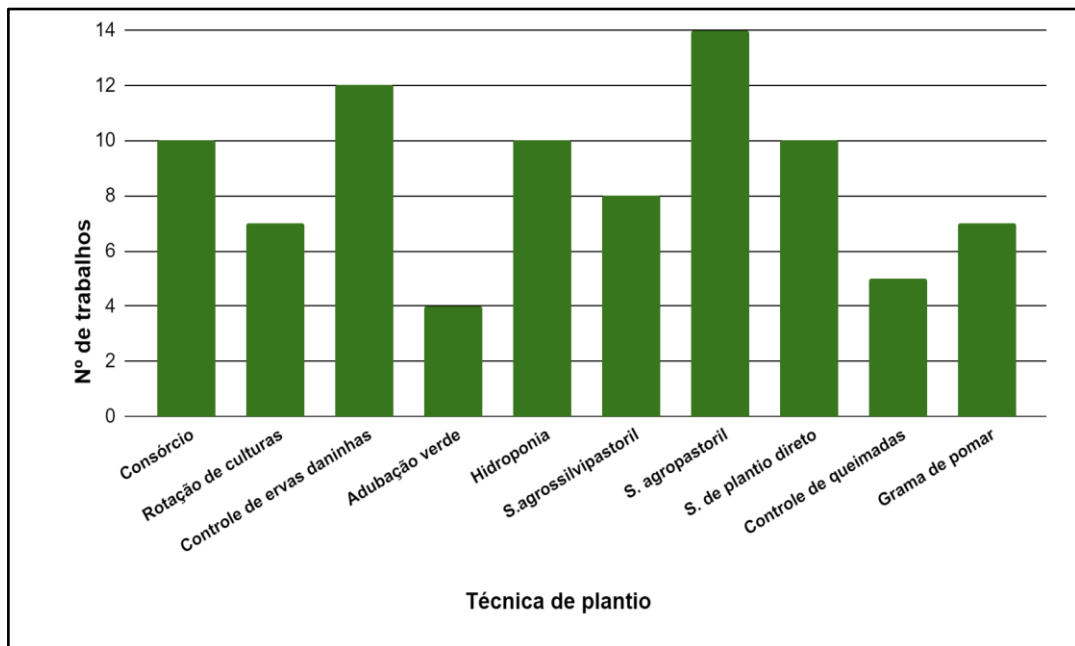
Dessa forma, para Gou *et al.* (2022), é imprescindível buscar novas possibilidades de cultivo viáveis, que propiciem o aumento do rendimento das culturas e mitiguem os danos ambientais, seja a redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE), conservação e melhoria da retenção de nutrientes do solo, ou ainda, a economia de recursos hídricos.

Com isso, segundo Ren, Li e Yin (2023), Nogueira (2022), Sun *et al.* (2021), Dungca *et al.* (2021), Makate *et al.* (2019) e Ntakirutimana (2019) diversas estratégias contribuem para a realização de plantios sustentáveis, como: diversificação de culturas (consórcio e rotação de culturas), adubação verde, hidroponia, sistema agrossilvipastoril, sistema agropastoril, plantio direto, controle de queimadas, controle de ervas daninhas por cobertura e grama de pomar.

As estratégias mais utilizadas para um plantio sustentável foram encontradas por meio da realização de uma revisão de literatura. Para isso, foram utilizadas duas bases de dados: *Web of Science* e *Scopus*, com o intuito de buscar artigos científicos relacionados ao tema. Além disso, depois de determinar as bases de dados que seriam utilizadas, para facilitar a pesquisa, foram selecionados mecanismos como a busca por palavras-chaves, títulos e resumos, e a utilização de filtros para restringir o período “de 2016 a 2023”. As buscas foram realizadas por meio das seguintes combinações: “*Plant**” AND “*Sustainable*”; “*Agriculture*” AND “*Sustainable*”; “*Planting*” AND “*Sustaina**”; “*Planting*” AND “*Sustainable*” e “*Planting*” AND “*Sustainability*”. Ainda é importante mencionar que foram realizadas pesquisas no Google Acadêmico com o objetivo de obter mais informações acerca das estratégias encontradas. Nesta pesquisa, as estratégias foram procuradas individualmente. Quanto ao idioma, no *Web of Science* e *Scopus* a pesquisa foi realizada em inglês. Já no *Google Acadêmico*, o idioma foi português e inglês, também restringindo o período “de 2016 a 2023”.

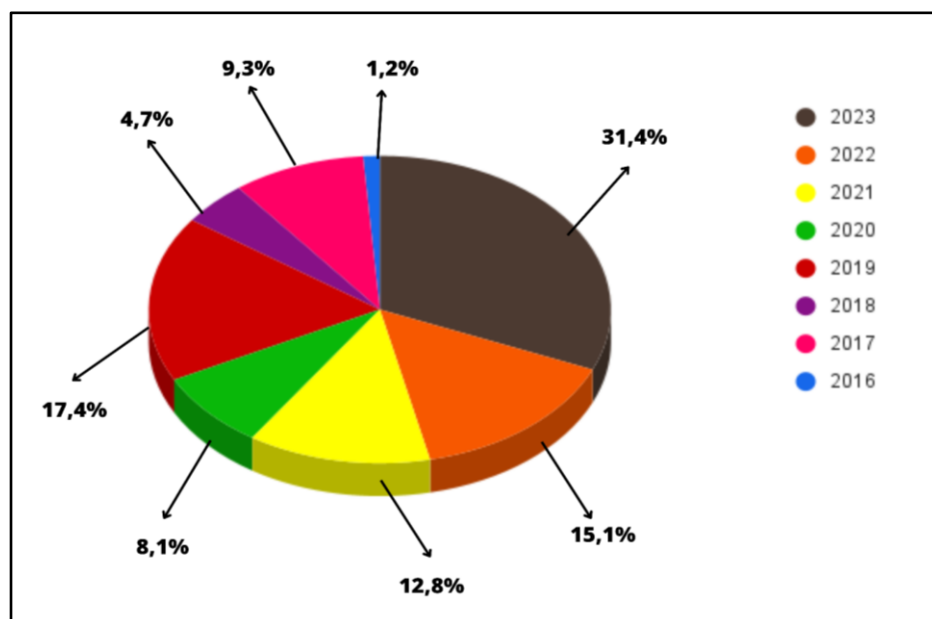
2.3.1. Análise Descritiva

Na revisão de literatura, foram selecionados 87 trabalhos referentes às estratégias de plantio sustentável. Desses, 10 abordaram sobre o consórcio, 7 eram referentes à rotação de culturas, 12 relacionados ao controle de ervas daninhas por cobertura, 4 à adubação verde, 10 à hidroponia, 8 ao sistema agrossilvipastoril, 14 ao sistema agropastoril, 10 ao sistema de plantio direto, 5 ao controle de queimadas e 7 à grama de pomar. Para uma melhor visualização, tem-se o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Número de trabalhos por estratégia de plantio

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com o Gráfico 1, pode-se visualizar que foi selecionado um maior número de trabalhos para as estratégias Sistema agropastoril e Controle de ervas daninhas por cobertura, já a adubação verde foi a técnica que teve o menor número de trabalhos selecionados. O Gráfico 2, por sua vez, apresenta a quantidade de trabalhos selecionados por ano.

Gráfico 2 - Quantidade de trabalhos por ano

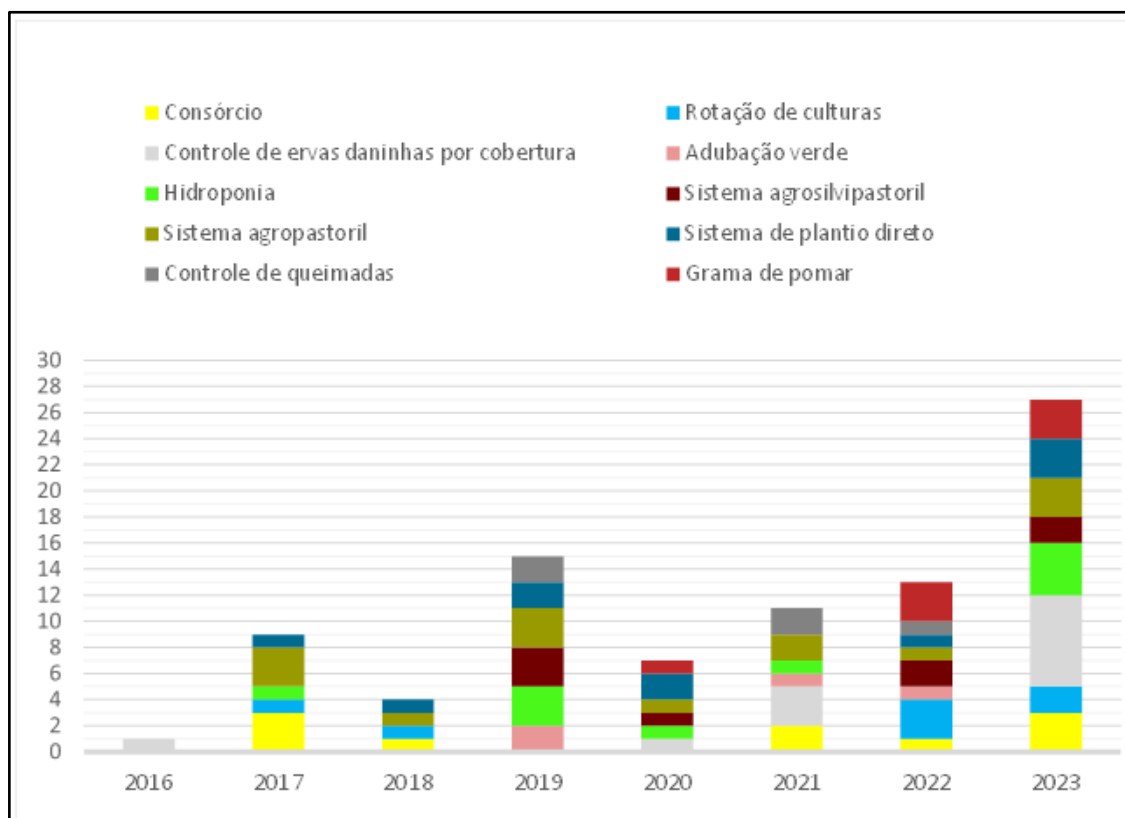
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os trabalhos selecionados pertenciam ao período de 2016 a 2023 conforme apresentado no Gráfico 2. Além disso, observou-se que 2023 possuiu a maior quantidade de trabalhos selecionados, com 31,4% e que o ano de 2016 teve a menor, com 1,2%. Também é importante salientar que, do ano de 2019 para 2020, ocorreu uma queda brusca de 9,3% no número de trabalhos, no entanto, os anos de 2021, 2022 e 2023 apresentaram uma tendência de crescimento no número de publicações.

2.3.2. Análise Sistemática

A análise sistemática consistiu no levantamento dos trabalhos, separando-os de acordo com a técnica de plantio sustentável e qual o percentual de trabalhos que abordam sobre determinada técnica. Nesse sentido, o Gráfico 3 mostra a distribuição dos trabalhos encontrados por ano e as respectivas estratégias. Além disso, o Quadro 2 mostra cada técnica, com breve descrição e suas respectivas referências.

Gráfico 3 - Distribuição dos trabalhos encontrados por ano e as respectivas estratégias



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De acordo com o Gráfico 3, o ano de 2016 teve apenas 1 trabalho selecionado que foi referente à estratégia de controle de ervas daninhas por cobertura. Os anos de 2023 e 2019 tiveram a maior quantidade selecionada, com 27 e 15 estudos, respectivamente. Em 2019 se destacaram as estratégias de sistema agrossilvipastoril, sistema agropastoril e hidroponia, e em 2023 foram o controle de ervas daninhas por cobertura e a hidroponia.

Já em 2018, só foram selecionados 4 trabalhos sobre sistema de plantio direto, consórcio, rotação de culturas e sistema agropastoril. Por fim, em 2017, 2020, 2021 e 2022, a maior quantidade de trabalhos selecionados foi sobre consórcio e sistema agropastoril, sistema de plantio direto, controle de ervas daninhas por cobertura, e controle de ervas daninhas por cobertura, respectivamente. Outro ponto importante que foi possível observar é o fato de que a técnica que teve trabalhos selecionados em mais anos foi o sistema agropastoril, aparecendo em todos os anos do período de 2017 a 2022.

Quadro 2 - Estratégias de plantio sustentável

Estratégia de plantio sustentável	Descrição	Referência
Consórcio [11,49%]	É caracterizado pela diversidade de culturas, onde ocorre cultivo de mais de uma cultura em uma mesma área. Além disso, é muito comum a utilização de plantas leguminosas associadas a outras espécies.	Silva <i>et al.</i> (2023); Liu <i>et al.</i> (2023); Zou <i>et al.</i> (2023); Maciel (2022); Wang <i>et al.</i> (2021); Rodriguez <i>et al.</i> (2021); Shen <i>et al.</i> (2018); Raseduzzaman e Jensen (2017); Duchene, Vian e Celette (2017); Jouzi <i>et al.</i> (2017).
Rotação de culturas [8,05%]	É uma das estratégias que os produtores recorrem à rotação de culturas como uma das formas para diversificarem suas culturas a fim de aumentar a produção. Assim, eles buscam realizar o plantio de mais de uma cultura em uma mesma área, alternando-a em ciclos.	Han <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Nogueira (2022); Demirdogen, Guldal, Sanli (2022); Huang <i>et al.</i> (2022); Wang <i>et al.</i> (2018); Hunt, Hill e Liebman (2017);
Controle de ervas daninhas por cobertura [13,79%]	As coberturas são muito utilizadas para o controle de ervas daninhas, tanto das que já são resistentes a herbicidas, quanto daquelas que são suscetíveis a herbicidas. Essa prática é caracterizada por ser culturas que, na maioria das vezes, não é realizada a colheita e são muito utilizadas em rotação entre culturas, corroborando assim para que não ocorra o surgimento dessas pragas entre a plantação de uma cultura e outra. Além de contribuir para a diversidade agroecológica.	Sportelli <i>et al.</i> (2023); Pratt <i>et al.</i> (2023); Pokharel <i>et al.</i> (2023); Choudhary (2023); Stybayev <i>et al.</i> (2023); Rouge <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Baraibar <i>et al.</i> (2021); Vilela <i>et al.</i> (2021); Oliveira, Franco Júnior e Brigante (2021); Smith, Warren e Cordeau (2020); Finney e Kaye (2016).

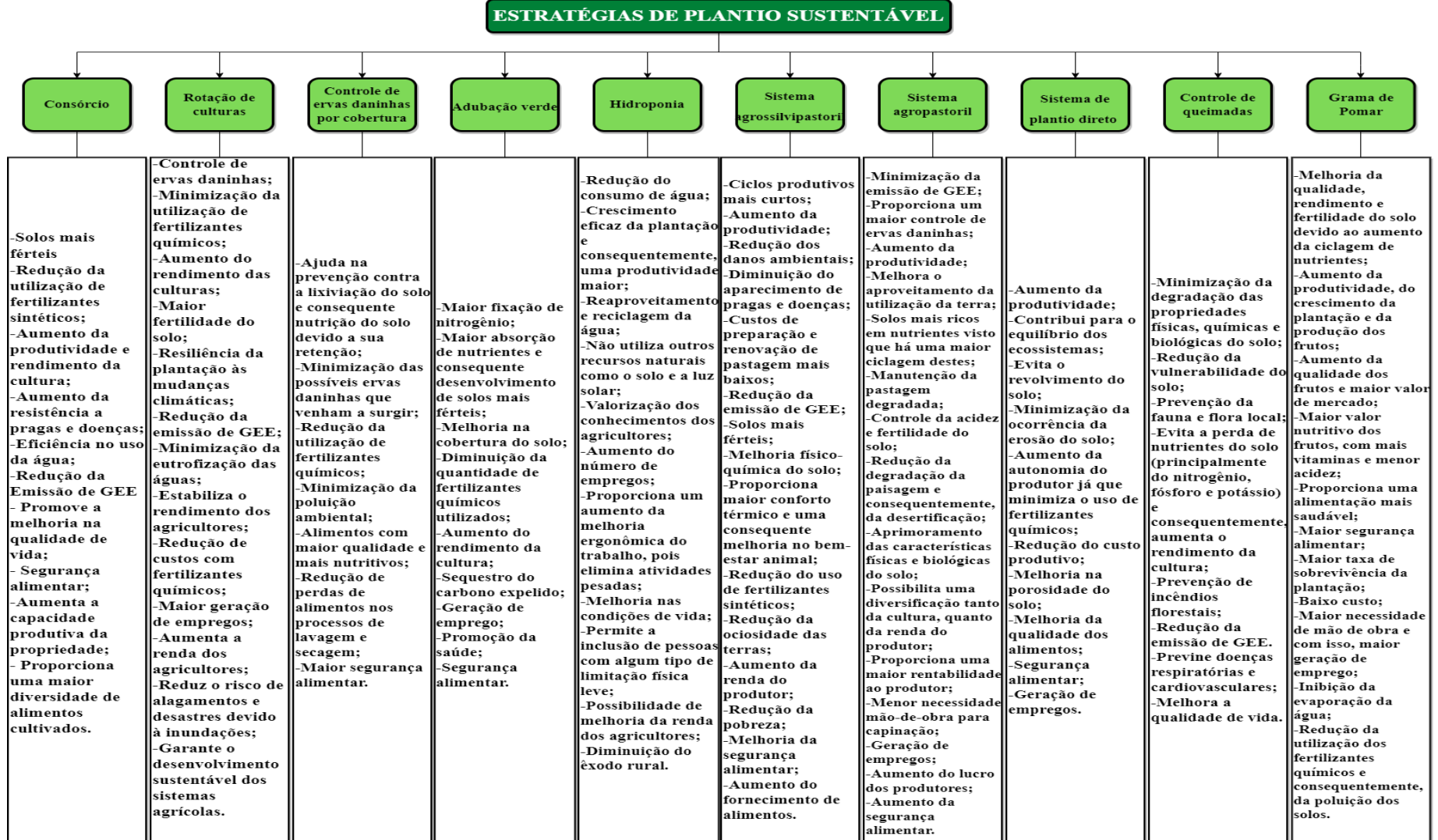
<p>Adubação verde [4,60%]</p>	<p>Consiste no cultivo de culturas com o intuito de utilizá-las como fertilizantes orgânicos. Além disso, pode ser utilizada juntamente com a rotação de culturas ou em consórcio com culturas de rendimento.</p>	<p>Nogueira (2022); Abranches <i>et al.</i> (2021); Padovan <i>et al.</i> (2019); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019).</p>
<p>Hidroponia [11,49%]</p>	<p>É um tipo de plantio vertical caracterizado por ser realizado em um meio aquático, onde as plantas ficam mergulhadas em reservatório com solução nutritiva. Além disso, é caracterizado pela utilização de tecnologias para o controle da utilização de água, iluminação e fornecimento de nutrientes.</p>	<p>Atherton e Li (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023); Mourizidou <i>et al.</i> (2023); Souza <i>et al.</i> (2023); Dungca <i>et al.</i> (2021); Supraja, Behera, Balasubramanian (2020); Rabang (2019); Alves (2019); Zen (2019); Lohn (2017).</p>
<p>Sistema agrossilvipastoril [9,20%]</p>	<p>É uma técnica de cultivo caracterizada pela integração da lavoura, pecuária e floresta (ILPF). Nela, inicialmente ocorre o plantio das mudas de árvores juntamente com a cultura, onde depois de colhida, ocorre o plantio do pasto para depois criar animais no local. Vale salientar que é fundamental definir para que as árvores serão utilizadas antes de plantá-las.</p>	<p>Portugal <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); IPEA (2022); Sousa <i>et al.</i> (2022); Do, Luedeling e Whitney (2020); Assis <i>et al.</i> (2019); Kuyah <i>et al.</i> (2019); Lourençano e Cavichioli (2019).</p>
<p>Sistema agropastoril [16,09%]</p>	<p>Nessa técnica de cultivo ocorre a criação de gado atrelada ao plantio de cultura em uma mesma propriedade rural de maneira harmônica, ou seja, ocorre a integração da lavoura com a pecuária (ILP). Uma das principais características é a diversidade do sistema. Além disso, é importante salientar que o manejo de pastagens é um fator essencial para a realização dessa técnica.</p>	<p>Lawrence <i>et al.</i> (2023); Duan <i>et al.</i> (2023); Chen <i>et al.</i> (2023); Santos <i>et al.</i> (2022); Padilha, De Lima e Portella (2021); Huang <i>et al.</i> (2021); Monteiro (2020); Vieira (2019); Santos (2019); Zhang <i>et al.</i> (2019); Duarte <i>et al.</i> (2018); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Regan <i>et al.</i> (2017); Borgatti (2017).</p>
<p>Sistema de plantio direto (SPD) [11,49%]</p>	<p>É uma técnica de cultivo que possui como fundamentos: utilização de coberturas, a técnica de rotação de culturas e o não revolvimento do solo. Além disso, é caracterizada pelo aproveitamento de vestígios orgânicos da cultura que foi anteriormente plantada, o que corrobora para a prevenção da erosão do solo.</p>	<p>Tian <i>et al.</i> (2023); Yan <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Oliveira (2022); Schultz <i>et al.</i> (2020); Conteratto, Martinelli e Oliveira (2020); Pacheco (2019); Salomão <i>et al.</i> (2019); EPAGRI <i>et al.</i> (2018); Jouzi <i>et al.</i> (2017).</p>
<p>Controle de queimadas [5,75%]</p>	<p>A agricultura é uma atividade que mais realiza queimadas visto que, desde muito tempo, está arraigado na cultura das pessoas que essa prática contribui positivamente para o preparo da terra. No entanto, diversos malefícios estão associados a ela, seja para a natureza, seja para a vida das pessoas, com isso, o controle das queimadas é imprescindível. Diversas alternativas podem ser utilizadas para reduzir o uso de queimadas, como por exemplo, sistemas agroflorestais, plantio por cobertura, adubação verde, utilização de corretivos para o ajuste do pH do solo, corte de plantas com ferramentas manuais, dentre outras.</p>	<p>Flor (2022); Zadinello <i>et al.</i> (2021); Mangueira (2021); Castro (2019); Alves (2019).</p>
<p>Grama de pomar</p>	<p>Essa técnica consiste no cultivo de grama no solo, por revolvimento ou cobertura morta, visando prevenir a exposição do mesmo e proporcionando assim, uma melhoria na sua qualidade. Dentre os diversos tipos utilizados, é muito frequente</p>	<p>Ren, Li e Yin (2023); Wang <i>et al.</i> (2023); Xiang <i>et al.</i> (2023); Tang <i>et al.</i> (2022); Xiang <i>et al.</i> (2022); Xiao <i>et al.</i> (2022); Yang <i>et al.</i> (2020).</p>

[8,05%]	a utilização de gramas herbáceas como trevo, alfafa, azevém, ervilhaca peluda, festuca e ervilhaca. É importante mencionar que a escolha da espécie de grama utilizada deve ocorrer de forma cautelosa, uma vez que os efeitos proporcionados variam conforme o tipo de grama.	
----------------	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao analisar o Quadro 2, pode-se perceber que existe uma diversidade de estratégias as quais se pode recorrer para que haja um plantio sustentável. Dessa forma, baseando-se nos trabalhos dos autores supracitados, a Figura 5 apresenta os impactos provenientes de cada estratégia.

Figura 5 - Impactos das estratégias de plantio sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Observa-se que existe uma diversidade de estratégias para um plantio sustentável. Recorrer a estas estratégias traz uma série de benefícios sociais, econômicos e/ou ambientais, uma vez que permitem a preservação ambiental e aumento da produtividade, contribuindo para o atendimento da demanda por alimentos.

Com base na perspectiva dos autores citados no Quadro 2, para facilitar a exploração desses impactos, a Tabela 1 apresenta uma classificação desses impactos de acordo com os pilares da sustentabilidade. Nela, cada estratégia apresenta o percentual de impacto de cada pilar.

Tabela 1 - Percentual de impactos de acordo com os pilares da sustentabilidade

Estratégia (nº de impactos)	PILAR SOCIAL (QTD. %)		PILAR AMBIENTAL (QTD. %)		PILAR ECONÔMICO (QTD. %)	
	QTD.	%	QTD.	%	QTD.	%
Consórcio (10)	4	40	4	40	2	20
Rotação de culturas (13)	6	46,15	5	38,46	2	15,38
Controle de ervas daninhas por cobertura (7)	3	42,86	3	42,86	1	14,29
Adubação verde (9)	3	33,33	4	44,44	2	22,22
Hidroponia (11)	7	63,63	3	27,27	1	9,09
Sistema agrossilvipastoril (15)	4	26,67	6	0,4	5	33,33
Sistema agropastoril (16)	6	37,5	8	50	2	12,5
Sistema de plantio direto (11)	4	36,36	4	36,36	3	27,27
Controle de queimadas (9)	2	22,22	6	66,67	1	11,11
Gramma de pomar (11)	4	36,36	4	36,36	3	27,27

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Ao analisar a Tabela 1, pode-se perceber que todas as estratégias apresentam impactos referentes aos pilares da sustentabilidade, de forma que as que se destacam nos impactos referentes aos pilares social, ambiental e econômico são a hidroponia, o sistema agropastoril e o sistema agrossilvipastoril, respectivamente. Assim, a Tabela 1 mostra o quanto contribuem para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável.

No entanto, ainda que as estratégias de plantio sustentável possam ser utilizadas de forma associada, torna-se complexa a utilização de todas em um único cultivo, sendo necessário escolher aquela(s) mais adequada(s) em cada situação. Na revisão de literatura, foram encontrados diversos critérios para a tomada de decisão, os quais estão explanados no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios considerados para a decisão acerca da estratégia de plantio sustentável

PILAR	FATOR	CRITÉRIOS	AUTORES
Ambiental	Agroecologia	Diversificação de culturas; Novas práticas de cultura; Melhor controle na supressão de ervas daninhas; Integração de práticas agrícolas; Aumento da biomassa de cobertura; Aumento da diversidade do agroecossistema; Economia de água; Menor geração de resíduos; Acúmulo de carbono nos solos; Melhoria do bem-estar animal; Menor incidência de pragas; Redução na necessidade de adubação química; Eficiência dos ciclos biológicos; Redução na compactação do solo; Eficiência na cobertura do solo; Menor competição por nutrientes; Aumento no nível de hormônios que promove o crescimento das frutas; Aumento da capacidade de retenção de água do solo; Aumento da ciclagem de nutrientes; Aumento da retenção água do solo; Utilização de soluções nutritivas para o cultivo; Riscos de tempestade de areia e poluição atmosférica.	Rodriguez <i>et al.</i> (2021); Maciel (2022); Duchene, Vian e Celette (2017); Nogueira (2022); Wang <i>et al.</i> (2018); Hunt, Hill e Liebman (2017); Baraibar <i>et al.</i> (2021); Vilela <i>et al.</i> (2021); Oliveira, Franco Júnior e Brigante (2021); Smith, Warren e Cordeau (2020); Finney e Kaye (2016); Rabang (2019); Zen (2019); Lohn (2017); Sousa <i>et al.</i> (2022); Lourençano e Cavichioli (2019); Padilha, De Lima e Portella (2021); Monteiro (2020); Vieira (2019); Santos (2019); Duarte <i>et al.</i> (2018); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Borgatti (2017); Oliveira (2022); Schultz <i>et al.</i> (2020); Salomão <i>et al.</i> (2019); EPAGRI <i>et al.</i> (2018); Flor (2022); Alves <i>et al.</i> (2019). Ren, Li e Yin (2023); Tang <i>et al.</i> (2022); Xiao <i>et al.</i> (2022); Yang <i>et al.</i> (2020); Zhang <i>et al.</i> (2019); Huang <i>et al.</i> (2021); Regan <i>et al.</i> (2017); Silva <i>et al.</i> (2023); Liu <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2021); Han <i>et al.</i> (2023); Zou <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Sportelli <i>et al.</i> (2023); Pratt <i>et al.</i> (2023); Pokharel <i>et al.</i> (2023); Choudhary (2023); Stybayev <i>et al.</i> (2023); Rouge <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); Atherton e Li (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023); Mouriuzidou <i>et al.</i> (2023); Supraja, Behera, Balasubramanian (2020); Souza <i>et al.</i> (2023); Souza <i>et al.</i> (2023); Portugal <i>et al.</i> (2023); Tian <i>et al.</i> (2023); Yan <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2023); Xiang <i>et al.</i> (2023);

	Estabilidade	Equilíbrio do solo; Ecossistema mais estável; Eficiência energética; Manejo otimizado do solo; Conservação das propriedades físicas do solo; Conservação da água; Manutenção da umidade, porosidade, permeabilidade, densidade e cobertura do solo; Melhor aproveitamento dos nutrientes prevenindo a lixiviação; Conservação dos recursos naturais; Estabilidade em manter um solo rico em nutrientes; Promoção da atividade microbiana do solo.	Maciel (2022); Duchene, Vian e Celette (2017); Demirdogen, Guldal, Sanli (2022); Huang <i>et al.</i> (2022); Baraibar <i>et al.</i> (2021); Smith, Warren e Cordeau (2020); Abranches <i>et al.</i> (2021); Assis <i>et al.</i> (2019); Kuyah <i>et al.</i> (2019); Santos (2019); Schultz <i>et al.</i> (2020); Pacheco (2019); Salomão <i>et al.</i> (2019); EPAGRI <i>et al.</i> (2018); Tang <i>et al.</i> (2022); Xiao <i>et al.</i> (2022); Yang <i>et al.</i> (2020); Huang <i>et al.</i> (2021); Silva <i>et al.</i> (2023); Liu <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2021); Han <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Pratt <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2023);
	Proteção	Redução das perdas de nutrientes do solo; Diminuição dos riscos de erosão do solo; Proteção da biodiversidade; Proteção do solo; Controle de doenças transmitidas pelo solo; Prevenção de tempestades de areia; Prevenção contra a destruição de habitats de animais; Prevenção da fauna e flora local; Prevenção contra perdas de água do solo; Reestruturação de solos degradados.	Rodriguez <i>et al.</i> (2021); Maciel (2022); Duchene, Vian e Celette (2017); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Oliveira, Franco Júnior e Brigante (2021); Smith, Warren e Cordeau (2020); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019); Santos <i>et al.</i> (2022); Vieira (2019); Duarte <i>et al.</i> (2018); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Oliveira (2022); Schultz <i>et al.</i> (2020); Salomão <i>et al.</i> (2019); EPAGRI <i>et al.</i> (2018); Mangueira (2021); Castro (2019); Tang <i>et al.</i> (2022); Wang <i>et al.</i> (2021); Han <i>et al.</i> (2023); Pratt <i>et al.</i> (2023); Pokharel <i>et al.</i> (2023); Stybayev <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Tian <i>et al.</i> (2023).
	Clima	Redução da emissão de gases do efeito estufa; Vulnerabilidade às mudanças climáticas; Geração de um microclima favorável para o crescimento da produção; Redução da poluição atmosférica; Redução na supressão de ocorrência de precipitação; Transporte de água para a atmosfera; Adaptação climática; Redução de temperaturas extremas na camada superficial do solo.	Shen <i>et al.</i> (2018); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Wang <i>et al.</i> (2018); Padovan <i>et al.</i> (2019); Sousa <i>et al.</i> (2022); Do, Luedeling e Whitney (2020); Kuyah <i>et al.</i> (2019); Vieira (2019); Conteratto, Martinelli e Oliveira (2020); Flor (2022); Zadinello <i>et al.</i> (2021); Mangueira (2021); Castro (2019); Alves <i>et al.</i> (2019); Xiang <i>et al.</i> (2022); Lawrence <i>et al.</i> (2023); Duan <i>et al.</i> (2023); Chen <i>et al.</i> (2023); Huang <i>et al.</i> (2021); Sportelli <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); Portugal <i>et al.</i> (2023); Yan <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023);
		Rendimento da cultura e da colheita; Aumento da produtividade; Capacidade de maximizar a produção; Aumento da produtividade do trabalho;	Raseduzzaman e Jensen (2017); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Nogueira (2022); Huang <i>et al.</i> (2022); Smith, Warren e Cordeau (2020); Abranches <i>et al.</i>

Econômico	Produtividade	Diminuição da ociosidade das terras agrícolas.	(2021); Padovan <i>et al.</i> (2019); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019); Dungca <i>et al.</i> (2021); Zen (2019); IPEA (2022); Do, Luedeling e Whitney (2020); Kuyah <i>et al.</i> (2019); Lourençano e Cavichioli (2019); Padilha, De Lima e Portella (2021); Vieira (2019); Santos (2019); Duarte <i>et al.</i> (2018); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Flor (2022); Mangueira (2021); Ren, Li e Yin (2023); Tang <i>et al.</i> (2022); Xiang <i>et al.</i> (2022); Duan <i>et al.</i> (2023); Regan <i>et al.</i> (2017); Liu <i>et al.</i> (2023); Han <i>et al.</i> (2023); Zou <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Pratt <i>et al.</i> (2023); Choudhary (2023); Stybayev <i>et al.</i> (2023); Rouge <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); Atherton e Li (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023); Mouriuzidou <i>et al.</i> (2023); Supraja, Behera, Balasubramanian (2020); Souza <i>et al.</i> (2023); Portugal <i>et al.</i> (2023); Yan <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023); Xiang <i>et al.</i> (2023).
	Adaptabilidade	Acesso às ferramentas tecnológicas; Disponibilidade de recursos; Capacidade de inovação tecnológica; Aumentar os treinamentos relacionados às tecnologias; Facilidade de utilização de máquinas; Medidas de adaptação no modo de produção e manejo da terra.	Jouzi <i>et al.</i> (2017); Nogueira (2022); Wang <i>et al.</i> (2018); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019); Tigre (2019); Dungca <i>et al.</i> (2021); Sousa <i>et al.</i> (2022); Castro (2019); Alves <i>et al.</i> (2019); Sportelli <i>et al.</i> (2023).
	Viabilidade econômica	Agregação de valor ao produto; Aumento na renda dos produtores; Maior lucratividade; Redução dos custos de produção; Maior rentabilidade; Aumento dos ganhos líquidos; Aumento do valor da propriedade; Aumento da taxa de retorno do investimento; Melhor custo-benefício; Pouca exigência de investimento; Redução de insucesso econômico; Riscos de retorno do investimento.	Maciel (2022); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Huang <i>et al.</i> (2022); Abranches <i>et al.</i> (2021); Padovan <i>et al.</i> (2019); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019); IPEA (2022); Sousa <i>et al.</i> (2022); Do, Luedeling e Whitney (2020); Monteiro (2020); Vieira (2019); Santos (2019); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Borgatti (2017); Salomão <i>et al.</i> (2019); Xiang <i>et al.</i> (2022); Xiao <i>et al.</i> (2022); Duan <i>et al.</i> (2023); Zhang <i>et al.</i> (2019); Regan <i>et al.</i> (2017); Atherton e Li (2023); Supraja, Behera, Balasubramanian (2020); Souza <i>et al.</i> (2023).

	Autonomia	Autossuficiência e autonomia na produção; Aumento do poder de compra de alimentos; Maior poder de barganha; Aumento das oportunidades de emprego; Redução da pobreza; Estabilidade na renda; Maior autonomia com o menor uso de insumos; Maior fonte de renda para os agricultores; Menor necessidade de mão de obra.	Maciel (2022); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Nogueira (2022); Zen (2019); Do, Luedeling e Whitney (2020); Lourençano e Cavichioli (2019); Padilha, De Lima e Portella (2021); Vieira (2019); Oliveira (2022); Pacheco (2019); Xiao <i>et al.</i> (2022); Pratt <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023).
Social	Relações comunitárias	Cooperativismo; Participação em feiras; Trocas de experiências com outros agricultores; Visitas técnicas interativas.	Maciel (2022); Padovan <i>et al.</i> (2019); Do, Luedeling e Whitney (2020).
	Conhecimento	Troca de conhecimento e aprendizado; Novas regras para gerenciamento de recursos; Políticas de apoio ambiental; Conhecimento técnico; Utilização de conhecimento contábil para melhor planejamento; Estímulo à qualificação profissional.	Maciel (2022); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Demirdogen, Guldal, Sanli (2022); Wang <i>et al.</i> (2018); Oliveira, Franco Júnior e Brigante (2021); Abranches <i>et al.</i> (2021).
	Risco	Risco de insegurança alimentar e nutricional; Risco de quebra de safra; Falta de capacidade dos agricultores em lidar com riscos; Riscos provenientes da monocultura; Riscos de secas prolongadas; Riscos de perda de produção; Risco de escassez de alimentos; Redução dos riscos climáticos; Redução dos riscos mercadológicos; Riscos para a saúde humana; Risco de contaminação microbiana.	Maciel (2022); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Padovan <i>et al.</i> (2019); Rabang (2019); Zen (2019); Do, Luedeling e Whitney (2020); Lourençano e Cavichioli (2019); Santos (2019); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Flor (2022); Zadinello <i>et al.</i> (2021); Castro (2019); Pratt <i>et al.</i> (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023); Souza <i>et al.</i> (2023).

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio do Quadro 3, observa-se que há diversos critérios para a seleção da estratégia de plantio sustentável, que podem ser relacionados aos três pilares da sustentabilidade: ambiental, econômico e social. Os quatro grupos de fatores que apresentam mais critérios são o de agroecologia (22), seguido por viabilidade econômica (12), risco (11) e estabilidade (10). Relações comunitárias é o fator com menos critérios (4). Além disso, ressalta-se que os critérios mais citados foram os do fator agroecologia, mencionados em 62 estudos, enquanto os menos citados pertencem ao fator de relações comunitárias, aparecendo apenas em 3 trabalhos. Esses critérios são utilizados de acordo com os métodos. Os métodos e sua porcentagem de uso são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Métodos utilizados para a tomada de decisão

MÉTODO	AUTORES
Realização de experimentos com análise estatística dos resultados (34,48%)	Shen <i>et al.</i> (2018); Huang <i>et al.</i> (2022); Hunt, Hill e Liebman (2017); Smith, Warren e Cordeau (2020); Dungca <i>et al.</i> (2021); Santos <i>et al.</i> (2022); Schultz <i>et al.</i> (2020); Pacheco (2019); Xiao <i>et al.</i> (2022); Rodriguez <i>et al.</i> (2021); Vilela <i>et al.</i> (2021); Assis <i>et al.</i> (2019); Padilha, De Lima e Portella (2021); Barbosa Júnior <i>et al.</i> (2017); Oliveira (2022); Chen <i>et al.</i> (2023); Liu <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2021); Zou <i>et al.</i> (2023); Sportelli <i>et al.</i> (2023); Choudhary (2023); Rouge <i>et al.</i> (2023); Pérez <i>et al.</i> (2023); Kruchelski <i>et al.</i> (2023); Supraja, Behera, Balasubramanian (2020); Portugal <i>et al.</i> (2023); Tian <i>et al.</i> (2023); Silva <i>et al.</i> (2023); Han <i>et al.</i> (2023); Li <i>et al.</i> (2023).
Metanálise (9,20%)	Raseduzzaman e Jensen (2017); Kuyah <i>et al.</i> (2019); Ren, Li e Yin (2023); Tang <i>et al.</i> (2022); Xiang <i>et al.</i> (2022); Li <i>et al.</i> (2023); Xiang <i>et al.</i> (2023); Yan <i>et al.</i> (2023).
Métodos de decisão multicritério (1,15%)	Nogueira (2022).
Simulação Monte Carlo (2,30%)	Do, Luedeling e Whitney (2020); Souza <i>et al.</i> (2023).
Método Survey com abordagem não probabilística (1,15%)	Castro (2019).
Realização de entrevistas e posterior análise de conteúdo com a técnica de triangulação (1,15%)	Maciel (2022).
Pesquisa em outros estudos (24,14%)	Duchene, Vian e Celette (2017); Jouzi <i>et al.</i> (2017); Wang <i>et al.</i> (2018); Baraibar <i>et al.</i> (2021); Abranches <i>et al.</i> (2021); Rabang (2019); IPEA (2022); Sousa <i>et al.</i> (2022); Lourençano e Cavichioli (2019); Monteiro (2020); Vieira (2019); Santos (2019); Duarte <i>et al.</i> (2018); Salomão <i>et al.</i> (2019); EPAGRI <i>et al.</i> (2018); Zadinello <i>et al.</i> (2021); Mangueira (2021); Pokharel <i>et al.</i> (2023); Atherton e Li (2023); Saldinger <i>et al.</i> (2023); Mouriuzidou <i>et al.</i> (2023).
Pesquisa em outros estudos e aplicação de ferramentas estratégicas (2,30%)	Zen (2019); Lohn (2017)
Realização de entrevista estruturada com análise estatística dos dados (4,60%)	Oliveira, Franco Júnior e Brigante (2021); Padovan <i>et al.</i> (2019); Ntakirutimana <i>et al.</i> (2019); Huang <i>et al.</i> (2021).
Análise cienciométrica (1,15%)	Alves (2019)
Coleta de dados com análise estatística	Yang <i>et al.</i> (2020); Alves <i>et al.</i> (2019); Conteratto, Martinelli e

(6,90%)	Oliveira (2020); Zhang <i>et al.</i> (2019); Regan <i>et al.</i> (2017); Lawrence <i>et al.</i> (2023).
Estudo de campo com análise estatística (3,45%)	Demirdogen, Guldal, Sanli (2022); Finney e Kaye (2016); Flor (2022);
Estudo de campo com realização de entrevistas (1,15%)	Borgatti (2017)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com o Quadro 4, 13 métodos foram considerados. Os métodos mais utilizados foram realização de experimentos com análise estatística e pesquisa em outros estudos. Outro ponto que é fundamental destacar é o fato de que 58,63% dos trabalhos utilizaram a estatística para auxiliar na tomada de decisão. Embora se considere que a agricultura sustentável deve se atentar para os três pilares da sustentabilidade, além das necessidades específicas de cada propriedade rural, apenas um estudo considerou o uso de métodos multicritério de decisão, o que pode ser considerado um *gap* na literatura.

Dessa forma, para realizar essa seleção, é fundamental aplicar ferramentas de apoio à tomada de decisão, como os métodos de análise multicritério. Além disso, é importante salientar ainda que, para que haja a aplicação efetiva desses métodos, é imprescindível que se tenha um problema bem estruturado. Um dos métodos utilizados para a estruturação de problemas é o *Value-Focused Thinking*, também conhecido como pensamento focado em valores.

2.4 VALUE-FOCUSED THINKING (VFT)

Existem diversas ferramentas e métodos que podem ser utilizados para a tomada de decisão estruturada. No entanto, para que se tenha uma aplicação eficiente, é necessário considerar todos os fatores que influenciam consideravelmente em determinadas situações e, em muitos casos, há fatores que estão apresentados implicitamente, sendo necessário um esforço maior para identificá-los.

Dessa forma, na perspectiva de Silva *et al.* (2019), Ralph L. Keeney idealizou um método, conhecido como *Value-Focused Thinking* (VFT), para auxiliar nas tomadas de decisões, tornando-a um processo proativo e permitindo constatar aspectos que são primordiais e assim, devem ser levados em consideração, como objetivos, critérios e alternativas. Buscando assim, a estruturação eficiente de um problema para uma posterior resolução por meio de um método de apoio multicritério à decisão (Costa *et al.*, 2021).

Para Keeney (1994), o VFT pode ser compreendido como o “pensamento focado no valor” e, diferentemente do método reativo de pensamento alternativo focado (*Alternative Focused Thinking* - AFT) que visa a identificação de alternativas antes dos valores, busca de forma sistemática, identificar os valores por meio de diversas discussões com os tomadores de decisão e com os *stakeholders*, proporcionando um levantamento de informações mais eficiente e identificando objetivos implícitos. Poletto *et al.* (2020), complementa que esse processo é marcado pela criatividade, uma vez que é possível estabelecer diversas alternativas por meio dos valores, buscando novas alternativas, sempre de acordo com os valores. Além disso, vale salientar que, de acordo com Bortoluzzi *et al.* (2021), os objetivos são alcançados por meio das alternativas.

Segundo Almeida *et al.* (2015) mencionam que um objetivo requer três fatores fundamentais: um contexto da decisão, um objeto e uma direção preferida. Keeney (1994) reitera que há diversas técnicas para a identificação de objetivos de forma criativa, dentre elas, encontram-se as que estão expostas no Quadro 5.

Quadro 5 - Técnicas para identificação dos objetivos

TÉCNICA	QUESTIONAMENTOS POSSÍVEIS DE SEREM REALIZADOS
1 - Elaboração de uma lista de desejos	O que você quer? O que você valoriza? O que você deveria querer?
2 - Constatação de alternativas	O que é uma alternativa perfeita, uma alternativa terrível, uma alternativa razoável? O que há de bom ou ruim em cada um?
3 - Análise das deficiências e problemas	O que há de errado ou certo com sua organização? o que precisa de conserto?
4 - Previsão das consequências	O que aconteceu de bom ou ruim? O que pode acontecer com o qual você se preocupa?
5 - Identificação das restrições e diretrizes de metas	Quais são suas aspirações? Que limitações são colocadas em você?
6 - Consideração das diferentes perspectivas	Com o que seu concorrente ou seu eleitorado estaria preocupado? Em algum momento no futuro, o que o preocuparia?
7 - Estabelecimento dos objetivos estratégicos	Quais são seus objetivos finais? Quais são os seus valores que são absolutamente fundamentais?

8 - Determinação dos objetivos genéricos	Que objetivos você tem para os clientes, seus funcionários, seus acionistas e para você mesmo? Quais objetivos ambientais, sociais, econômicos ou de saúde e segurança são importantes?
9 - Estruturação dos objetivos	Siga as relações meios-fins: Por que esse objetivo é importante? Como você pode alcançá-lo? Seja específico; O que você quer dizer com esse objetivo?
10 - Quantificação dos objetivos	Como você mediria a realização deste objetivo? Por que o objetivo A é três vezes mais importante que o objetivo B?

Fonte: Keeney (1994)

Após a realização dos questionamentos presentes no Quadro 5, serão encontrados inúmeros objetivos, mas é fundamental que os mesmos sejam analisados para identificar se serão realmente objetivos. Keeney (1994) ressalta que, de modo geral, um objetivo é tudo aquilo que se pretende conquistar, mas que para uma análise mais minuciosa, é de extrema importância realizar a classificação dos objetivos em fundamentais (onde se deseja chegar e que os decisores valorizam), objetivos meios (que são os meios pelos quais serão alcançados os objetivos fundamentais) e objetivos estratégicos (são os objetivos que irão direcionar as tomadas de decisão e refletem os objetivos que são de longo prazo). Para isso, será utilizado o teste WITI que é caracterizado como uma forma de identificar a importância dos objetivos por meio do questionamento “Por que isso é importante?” e assim, será encontrado outro objetivo até não implicar em nenhum outro, sendo este o objetivo fundamental enquanto os outros serão os objetivos meios.

Nesse sentido, segundo Keeney (1994) e Keeney (1996), para uma aplicação bem sucedida do VFT, inicialmente, é necessário que haja a identificação dos objetivos e a classificação dos mesmos como fundamentais, meios ou estratégicos. Posteriormente, deverão ser criadas as alternativas visando elevar a probabilidade de alcançar esses objetivos e o grau em que os mesmos serão alcançados. Por fim, é essencial que ocorra a análise dos objetivos encontrados com o intuito de constatar todas as oportunidades de decisão existentes. O autor ainda destaca, em ambos os trabalhos, que todas as situações encontradas ao longo do processo não devem ser encaradas como um problema, mas como oportunidades de decisões, visto que isso irá contribuir para uma tomada de decisão mais eficiente. Assim, para Alencar, Priori Júnior e Alencar (2017), o VFT proporciona uma análise detalhada para a estruturação de decisões completas ao passo que fornece *insights* que são essenciais para a tomada de decisão.

Parekh *et al.* (2020) menciona que outro aspecto importante sobre o VFT, é o fato de que mesmo que sejam identificados poucos objetivos, todos serão de qualidade. O autor reitera que, ainda que o método considere os valores de todas as partes envolvidas na tomada de decisão, ele não deve ser considerado como cadeia de valor, uma vez que esta é uma cadeia de atividades interligadas que tem como propósito a elaboração de um produto que seja altamente valorizado, enquanto que o VFT auxilia na tomada de decisão, identificando aspectos relevantes e buscando melhores alternativas para solucioná-los.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Diante do grande volume de informações, as análises para a tomada de decisão devem considerar os mais variados aspectos relacionados ao problema em questão. Assim, problemas de alta complexidade requerem métodos apropriados para solucioná-los, já que possuem diversos critérios que, na maioria das vezes, apresentam conflitos entre si. Dentre esses métodos, encontram-se os métodos de análise de decisão multicritério (Paradowski *et al.*, 2021).

Os métodos de análise de decisão multicritério (MCDA) surgiram em meados do século XX, com o intuito de fornecer apoio aos gestores que se encontravam muitas vezes em situações com diversos posicionamentos distintos (Duarte, 2011). Dranitsaris *et al.* (2023) complementa que esses métodos possibilitam que, durante as tomadas de decisões, a argumentação entre os decisores seja mais fácil, uma vez que permitem a integração dos valores mais relevantes de todas as partes interessadas.

De acordo com Chisholm, Sharry e Phillips (2022), o MCDA faz com que as discussões durante a tomada de decisão sejam mais proveitosas, corroborando assim para um processo mais eficiente. Segundo os autores, esse tipo de método assegura uma decisão mais racional, de modo que haja uma ponderação de todas as opções disponíveis, apresentando-as conforme os critérios escolhidos. De Almeida (2013) ainda menciona que o MCDA é constituído por três componentes cruciais a serem levados em consideração: as alternativas, os critérios e os pesos.

Nesse sentido, para Kizielewicz, Wątróbski e Salabun (2020), a aplicação do MCDA para o processo decisório é constituída de diversas etapas, nas quais inicialmente é essencial a construção da estrutura que será utilizada, composta pelas alternativas que serão avaliadas e os critérios que irão embasar a avaliação dessas alternativas. Paradowski *et al.* (2021) define a estrutura do MCDA como uma matriz $m \times n$, onde as linhas (m) representam as alternativas e as colunas (n), representam os critérios definidos. A Equação 1 apresenta essa matriz.

$$\begin{array}{cccccc}
 x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} & \\
 x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} & \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\
 x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} & m \times n
 \end{array} \quad (1)$$

Por mais que existam diversos MCDA e cada um tenha suas particularidades, todos possuem a mesma fundamentação para a resolução dos problemas, apresentando de forma geral, o mesmo procedimento. Neste sentido, de acordo com Paradowski *et al.* (2021), a resolução de problemas utilizando métodos de análise de decisão multicritério é composta por seis etapas genéricas, que são:

- 1) Estabelecimento dos critérios e alternativas;
- 2) Definição dos tipos de critérios;
- 3) Construção da matriz de decisão;
- 4) Cálculo dos pesos dos critérios;
- 5) Seleção do MCDA;
- 6) Cálculo e aplicação do método.

Além disso, Kizielewicz, Wątróbski e Salabun (2020) destacam que é de extrema importância que haja uma análise minuciosa sobre qual técnica é mais adequada para a situação em questão, pois, segundo os autores, a principal diferença entre os métodos é a forma como eles realizam a ponderação de cada critério, o que irá interferir consideravelmente no resultado final.

Segundo Vincke (1992), há a classificação do MCDA de acordo com a abordagem que pode ser: abordagem de critério único de síntese, abordagem de julgamento local interativo e abordagem de sobreclassificação. A abordagem de critério único é designada por integrar diversas funções em uma única função utilidade, possibilitando que haja uma lógica compensatória na agregação de critérios. Na abordagem de julgamento local interativo, o decisor pode dialogar com o modelo de diferentes formas para que haja a estruturação mais adequada do modelo, contribuindo assim para encontrar uma solução ótima ou aquela que mais se aproxime dela. No que se diz respeito à abordagem de sobreclassificação, ela é caracterizada por levar em consideração alternativas que são determinadas com base em critérios estabelecidos e, com isso, são construídas relações de sobreclassificação entre essas alternativas a fim de avaliá-las por escolha, ordenação e classificação.

Outro ponto importante de mencionar sobre o MCDA é que ele pode ser categorizado conforme a problemática, que depende do resultado almejado. Para Roy (1996), há quatro tipos de problemáticas que, podem ser:

- Problemática de descrição: Busca elucidar a decisão por meio de uma descrição em linguagem simples e adequada;
- Problemática de seleção: Tem o propósito de indicar a seleção de alternativas;
- Problemática de ordenação: Possui o intuito de propor uma ordenação das alternativas;
- Problemática de classificação: Tem o objetivo de alocar as alternativas em classes que são preestabelecidas por meio de normas.

Considerando estas classificações, o presente problema se enquadra como uma problemática de ordenação, com critérios compensatórios. Neste sentido, este Trabalho de Conclusão de Curso irá utilizar o método *Flexible and Interactive Tradeoff* (FITradeoff).

2.5.1. Flexible and Interactive Tradeoff

O *Flexible and Interactive Tradeoff* (FITradeoff) é um método de decisão multicritério desenvolvido por de Almeida *et al.* (2016), caracterizado por apresentar um processo de elicitación de constantes de escalas (peso dos critérios) interativo, que exige um menor esforço cognitivo do decisor e à medida que interage com ele, realiza a avaliação das alternativas (Correia *et al.*, 2022). De acordo com de Almeida *et al.* (2016), o processo de elicitación também é flexível, visto que, mesmo tendo um procedimento genérico com diversas particularidades para a sua aplicação, pode ser ajustado para diferentes contextos e conforme as diversas condições que surgem ao longo do processo decisório.

Dessa forma, para o autor, o principal objetivo desse método é simplificar o processo de decisão, exigindo uma quantidade menor de informações quando comparado ao procedimento compensatório padrão, a fim de reduzir a quantidade de questões que devem ser respondidas pelo decisor e propiciando, assim, uma redução das inconsistências na elicitación. Desta forma, utiliza informações parciais e busca proporcionar um resultado semelhante ao procedimento padrão com uma menor quantidade de erros. Marques, Frej e Almeida (2022) reiteram que, apesar disso, o método ainda consegue manter a estrutura axiomática do Tradeoff tradicional.

Na concepção de Frej, Almeida e Costa (2019), o FITradeoff se diferencia do processo tradicional, já que permite que o decisor especifique sua preferência durante a comparação das consequências, enquanto no processo tradicional ocorre a determinação de relações de indiferença entre elas. Isso contribui para um processo que demanda uma menor quantidade de tempo para finalizá-lo, além de colaborar para a diminuição das inconsistências.

Nesse sentido, segundo de Almeida, Frej e Roselli (2021), o método está incluso na classe dos métodos multicritério aditivos e apresenta uma lógica compensatória, o que possibilita ao decisor a realização de tradeoff entre os critérios, no qual uma alternativa que apresenta um desempenho inferior em um critério pode ser compensada por apresentar um melhor desempenho em outro. Assim, o decisor vai realizar essa compensação baseando-se em suas preferências.

De acordo com de Almeida *et al.* (2023), quando proposto por de Almeida *et al.* (2016), o FITradeoff era utilizado apenas para solucionar problemas de decisão multicritério que tinham a problemática de escolha, visando identificar a potencial otimalidade de uma alternativa e, assim, buscava minimizar o conjunto de alternativas potencialmente ótimas. Contudo, com o passar do tempo, foram desenvolvidas variações do método para expandir a sua aplicação para outras problemáticas, sendo elas: ordenação, classificação e portfólio.

Na problemática de ordenação, o FITradeoff analisa as alternativas par a par, buscando estabelecer uma relação de dominância entre elas ao invés de uma otimalidade potencial. Sendo assim, quando uma dominância é estabelecida entre um par, a relação segue até o fim do processo. Caso contrário, as alternativas serão incomparáveis, devido à falta de informações, tornando-se necessário realizar uma nova avaliação, podendo ser holística ou por decomposição, a fim do decisor fornecer mais informações e iniciar um novo ciclo. O processo terá fim quando for obtido o *ranking* completo ou quando o *ranking* parcial for suficiente para atender as necessidades do decisor (Frej; Almeida; Costa, 2019; Almeida; Frej; Roselli, 2021).

A variação do método para a problemática de classificação é caracterizada pela determinação de intervalos de valores com limites mínimo e máximo, a fim de constatar as alternativas pertencentes a uma mesma classe (Kang; Frej; de Almeida, 2020). A problemática para portfólio, por sua vez, utiliza o método com o propósito de comparar os projetos existentes, colocando-os em ordem decrescente de acordo com o custo-benefício para adicioná-los ao portfólio enquanto houver orçamento disponível (Frej; Ekel; Almeida, 2021).

Com relação ao procedimento de aplicação do FITradeoff, este varia conforme a problemática em estudo, de forma que as etapas de interação com o decisor são semelhantes para todas as problemáticas e as demais são particulares a cada tipo de problemática (de Almeida et al., 2023). Nesse contexto, será abordado sobre a aplicação do método para a problemática de ordenação, uma vez que o presente trabalho irá aplicá-lo para a ranquear as estratégias de plantio sustentável.

De acordo com Frej, Almeida e Costa (2019), em uma problemática de ordenação, o FITradeoff tem o intuito de utilizar as informações concedidas pelos decisores durante o processo de elicitação para estabelecer relações de dominância entre as alternativas dentro do espaço de pesos (φ) e, a partir daí, obter um *ranking* de alternativas baseado nas preferências do decisor. Dessa forma, segundo Pessoa, Roselli e Almeida (2022) a comparação é realizada entre duas alternativas, sendo executado um modelo de programação linear para verificar a dominância em cada par. As Equações de 2 a 7 apresentam o modelo executado.

$$MAX D (A_i, A_k) = \sum_{j=1}^m k_j v_j (A_i) - \sum_{j=1}^m k_j v_j (A_k) \quad (2)$$

s.a.

$$k_1 > k_2 > \dots > k_m \mid \sum_{j=1}^m k_j = 1 \quad (3)$$

$$k_j v_j(x'_j) > k_{j+1} \quad j = 1 \text{ para } m - 1 \quad (4)$$

$$k_j v_j(x'_j) < k_{j+1} \quad j = 1 \text{ para } m - 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j v_j (A_i) > \sum_{j=1}^m k_j v_j (A_k) \quad (6)$$

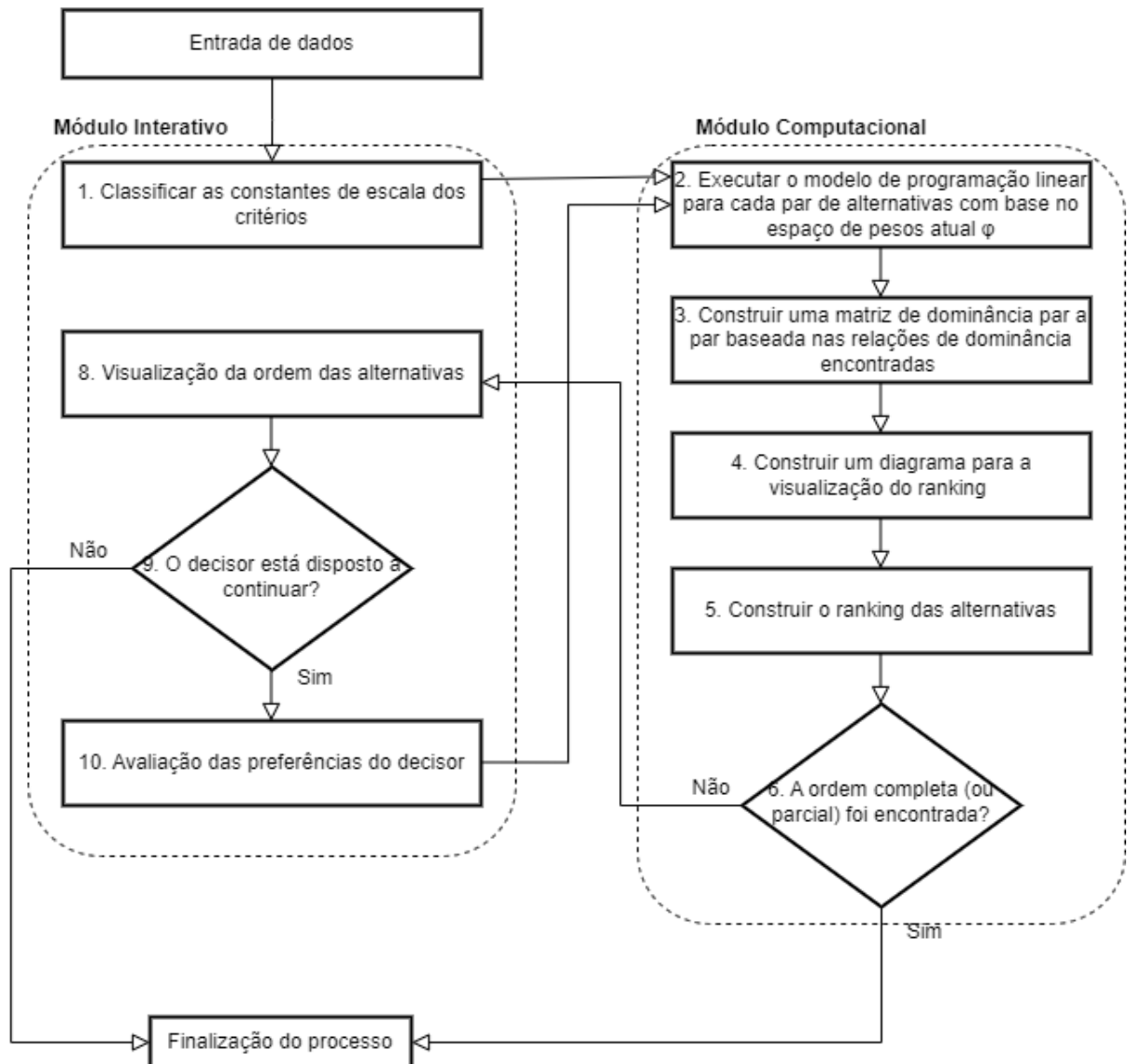
$$k_j \geq 0, j = 1 \dots m \quad (7)$$

Conforme explicitado por Pessoa, Roselli e Almeida (2022), o modelo apresentado de programação linear possui uma função objetivo que visa a maximização da diferença entre o valor global de cada alternativa, conforme a Equação 2. A ordenação das constantes de escala é realizada de acordo com a Equação 3. As Equações 4 e 5, por sua vez, expõem as preferências entre consequências intermediárias obtidas durante a elicitação por decomposição, enquanto a Equação 6 representa as preferências provenientes da avaliação holística, onde uma alternativa domina a outra. Por fim, a Equação 7 é referente à não-negatividade das constantes de escala. Desse modo, as Equações de 3 a 7 são as restrições do modelo.

Correia *et al.* (2022) reiteram que o modelo é executado diversas vezes, buscando as relações de dominância em cada par de alternativas. Para Frej, Almeida e Costa (2019), a cada

interação realizada é formada uma matriz de dominância par a par que possibilita a construção de um *ranking* das alternativas. Para aumentar a usabilidade do método, foi desenvolvido o *FITradeoff Decision Support System (DSS)*, um *software* que permite a aplicação do método, auxiliando o processo de tomada de decisão, permitindo a interação entre o sistema e o decisor. Para a problemática de ordenação, o *software* atua conforme o processo ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - FITradeoff DSS para a problemática de ordenação



Fonte: Frej, Almeida e Costa (2019)

O DSS é composto por dois módulos para a execução, o de interação com o decisor e o computacional, com uma alternância entre eles. Assim, inicialmente é necessário a importação dos dados (matriz de consequências) para o programa iniciar a aplicação. A primeira etapa

pertence ao módulo interativo e consiste na classificação das constantes de escala (o peso dos critérios) de acordo com as preferências do decisor, que pode ser determinada por meio da avaliação holística ou por comparação par a par. Em seguida, inicia-se o módulo computacional a partir da execução do modelo para cada par de alternativas, a fim de encontrar as relações de dominância entre as alternativas. Posteriormente, é estruturado o diagrama de Hasse, que propicia a visualização do *ranking* das alternativas, informando se esta é completa ou parcial. Em seguida, questiona-se se a ordem encontrada satisfaz as necessidades do decisor e, em caso afirmativo, finaliza-se o processo. Caso contrário, segue para o módulo interativo, realizando a etapa 8 (visualização da ordem das alternativas) e depois, na etapa 9, é feito outro questionamento, a fim de analisar se o decisor está disposto a continuar. Se ele estiver, segue-se para a etapa 10, onde ocorrerá a avaliação das preferências do decisor, finalizando esse módulo e retornando para a etapa 2, dando início ao módulo computacional novamente. Se não, o processo será finalizado.

3. METODOLOGIA

Esta seção expõe o procedimento metodológico realizado ao longo do estudo, exibindo a caracterização da pesquisa e as etapas para sua realização.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Nascimento e Sousa (2016), existem quatro aspectos que devem ser levados em consideração para caracterização de uma pesquisa: a natureza (básica ou aplicada), a abordagem metodológica (quantitativa, qualitativa ou mista), o objetivo (exploratória, descritiva ou explicativa) e os procedimentos técnicos (estudo de caso, documental, experimental, ex-post facto, levantamento, estudo de coorte, estudo de campo, pesquisa bibliográfica, pesquisa participante e pesquisa-ação). A Figura 7 mostra a caracterização dessa pesquisa de acordo com os fatores supracitados.

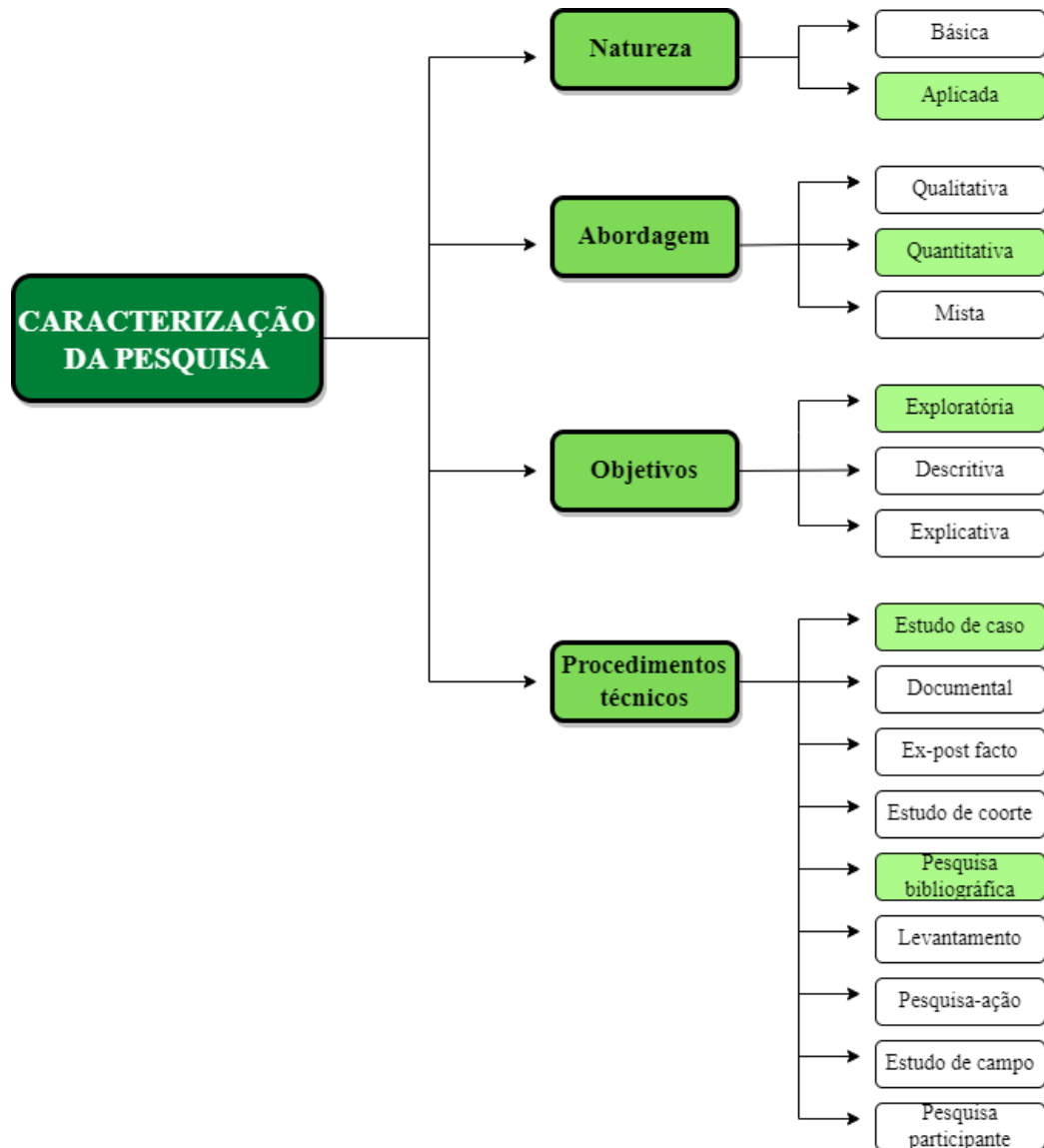
Esta pesquisa possui natureza aplicada, com abordagem metodológica quantitativa, com objetivo exploratório e, quanto ao seu procedimento técnico, é caracterizada como um estudo de caso e pesquisa bibliográfica. No que diz respeito à natureza, essa pesquisa pode ser classificada como aplicada, uma vez que, segundo Prodanov e Freitas (2013), tem como intuito a produção de conhecimento, para buscar soluções adequadas para a situação em estudo. Neste trabalho, ocorreu a avaliação de diversos fatores e análise de critérios para realizar o levantamento das estratégias de cultivo mais adequadas. Além disso, foi aplicado o método *Value-Focused Thinking* com o intuito de auxiliar na estruturação do método de decisão multicritério para a resolução do problema analisado.

Para Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa consiste na transformação de informações em números, a fim de estudar um dado fenômeno e posteriormente, utilizar a linguagem matemática para análise e classificação das informações. Dessa forma, o presente trabalho possui uma abordagem quantitativa, uma vez que utilizou um modelo matemático para definir as estratégias mais adequadas de plantio sustentável a serem utilizadas em propriedades rurais.

Com relação aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, visto que, de acordo com Gil (2008), considera diversos aspectos relacionados ao tema do estudo para refinar as informações e, assim, esclarecer um determinado problema para um melhor entendimento do pesquisador, permitindo que fique familiarizado com o tema. Nesse sentido, para a realização do estudo, foram utilizadas diversas fontes bibliográficas, a fim de realizar um

levantamento de informações para aprofundar os conhecimentos sobre o tema e, posteriormente, solucionar a problemática em questão.

Figura 7 - Classificação da pesquisa científica



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

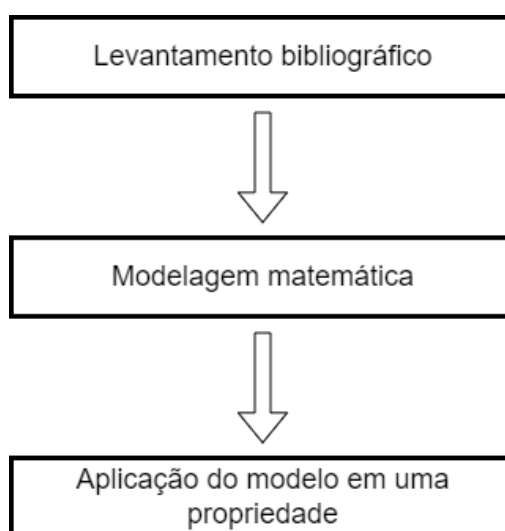
Por fim, no que concerne aos procedimentos metodológicos, o presente trabalho pode ser considerado como pesquisa bibliográfica, visto que, segundo Gil (2008), na pesquisa bibliográfica, são utilizadas bases de dados que propiciam, ao pesquisador, a busca de trabalhos que já foram elaborados sobre o tema em questão, seja em artigos científicos e/ou livros, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento do estudo. Além disso, é caracterizado também como estudo de caso, que permite analisar um determinado fato que está inserido em um dado

contexto com o intuito de proporcionar um conhecimento mais amplo e detalhado (Yin, 2005; Gil, 2008). Assim, o modelo estruturado será aplicado em uma propriedade rural.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa foi dividida em três etapas. Na primeira etapa, foi realizado o levantamento bibliográfico acerca do tema escolhido, na segunda, desenvolveu-se a modelagem matemática do problema e, na terceira etapa, ocorreu a aplicação do modelo em uma propriedade rural. A Figura 8 indica o procedimento metodológico desta pesquisa.

Figura 8 - Procedimento metodológico utilizado na pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

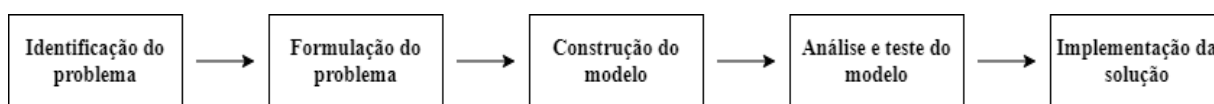
A Revisão da Literatura (RL) é um processo comumente utilizado nas pesquisas científicas, caracterizado por trazer uma maior robustez na construção do trabalho, permitindo assim que o pesquisador realize uma maior especificação da sua questão de pesquisa. A sua realização consiste na reunião de diversos materiais disponíveis e na posterior elaboração de uma síntese sobre o assunto abordado, levantando as principais informações encontradas (Tranfield; Denyer; Smart, 2003; Muller; Pemsel; Shao, 2014). Assim, a primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento bibliográfico, a fim de aprofundar os conhecimentos acerca do tema do estudo. Para isso, foram definidas *strings* para facilitar a busca pelos trabalhos e utilizadas as bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Google Acadêmico*. Os temas pesquisados foram referentes à sustentabilidade, agricultura sustentável, plantio sustentável, *Value-focused Thinking* e Análise Multicritério. Dessa forma, foram selecionados trabalhos elaborados anteriormente para o embasamento teórico do estudo.

Em seguida, foi construída a Revisão Sistemática da Literatura sobre métodos de plantio sustentável. Para Carvalho (2018), a Revisão Sistemática (RS) valoriza um processo transparente por meio da definição de estratégias e filtros, a fim de identificar e selecionar os trabalhos que são relevantes para a pesquisa em questão, de forma que outros pesquisadores possam replicá-la posteriormente. Tranfield, Denyer e Smart (2003) reiteram que a RS, na maioria das vezes, é associada a metanálise, que propicia a utilização da estatística com o intuito de obter uma maior confiabilidade ao trabalho realizado. De acordo com Faciroli *et al.* (2022), a RS confere maior rigidez à escolha do conteúdo e, conseqüentemente, proporciona maior confiabilidade à pesquisa.

Assim, foram selecionados 87 trabalhos publicados no período de 2016 a 2023 e realizou-se uma análise dos impactos de cada técnica de plantio conforme os três pilares da sustentabilidade, assim como das técnicas utilizadas para a escolha destas técnicas.

A segunda etapa da pesquisa foi referente à modelagem matemática do problema que, segundo Carter, Price e Rabadi (2019), possui o intuito de representar a realidade de forma simplificada e idealizada, buscando descrever as características da entidade que está sendo modelada com precisão, além de utilizar as variáveis adequadas para a previsão dos fenômenos existentes. De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a modelagem de um problema de Pesquisa Operacional (PO) compreende cinco fases, que estão representadas na Figura 9.

Figura 9 - Etapas para a modelagem de projetos de PO



Fonte: Hillier e Lieberman (2013)

A primeira fase do processo de modelagem compreende a identificação do problema que será estudado na pesquisa. Para Hillier e Lieberman (2013), é necessário que haja a coleta de dados para que sejam definidos diversos aspectos do problema, como os objetivos, as restrições e os prováveis caminhos alternativos a serem seguidos. Assim, o problema de pesquisa identificado é a elaboração de um modelo para determinar estratégias de agricultura sustentável adequadas às propriedades rurais.

A formulação do problema é a segunda etapa da modelagem, que consiste na essência do problema. Nela, é estruturado o problema, de modo que todas as informações relacionadas sejam organizadas minuciosamente e, além disso, os objetivos e as alternativas devem estar em

conformidade com as suas especificidades, uma vez que, se isso não ocorrer, o problema estruturado será inadequado, o que provavelmente acarretará respostas impróprias (Hillier; Lieberman, 2013; Moreira, 2010). Nesse sentido, a revisão de literatura se fundamenta nas estratégias de plantio sustentável e nos seus impactos, como forma de contribuir na designação dos critérios e alternativas que serão levados em consideração para a tomada de decisão.

A terceira fase da modelagem é referente à construção do modelo por meio das informações coletadas e aspectos levantados durante a estruturação do problema. De acordo com Pidd (2003) e Breyfogle (2003), um modelo busca representar fielmente a realidade conforme a observação e interpretação dos decisores e modeladores, e, por isso, é imprescindível que os modelos aplicados sejam adequados às necessidades dos decisores. Além disso, os autores reiteram que a identificação de um modelo propício é efetuada mediante a observação de pontos como a robustez e a representatividade dos resultados obtidos, bem como das medidas do modelo e do seu processo, tais como a exatidão e reprodutibilidade. Neste sentido, foi proposto um modelo multicritério de apoio à decisão que pondera diversos fatores com a finalidade de determinar estratégias de plantio sustentável que são mais adequadas. Ainda é importante salientar que o problema será solucionado com o auxílio de um procedimento computacional baseado em modelos matemáticos. Dessa forma, na presente pesquisa será utilizado o *Flexible and Interactive Tradeoff* (FITradeoff).

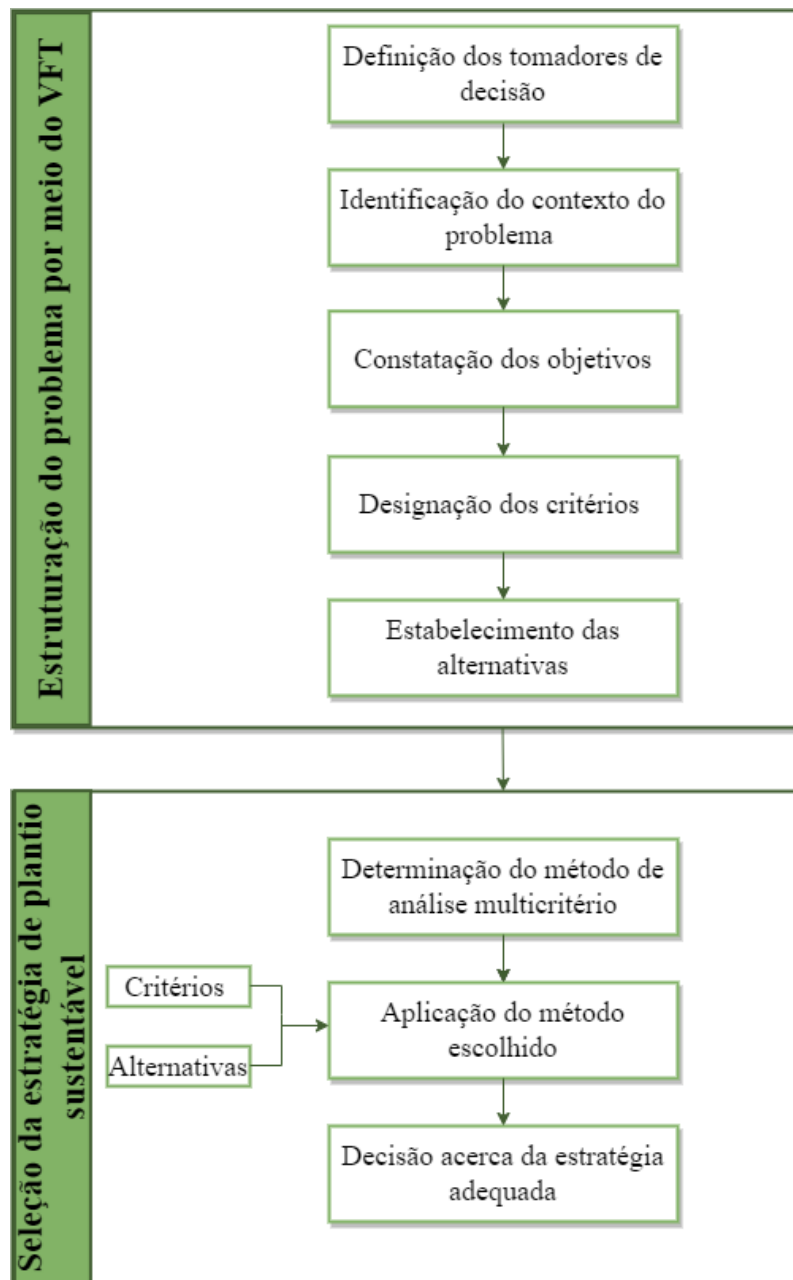
A análise e o teste do modelo são realizados na quarta etapa. Assim, é primordial realizar uma análise abrangente, investigando se as informações coletadas, as variáveis definidas e a decisão obtida estão em conformidade e se geraram resultados satisfatórios, visto que se isso não ocorreu, deve-se regressar à etapa anterior para redefinir o modelo ou elaborar um novo. O modelo em questão será aplicado em uma propriedade rural localizada no município de Alagoa Nova, no estado da Paraíba, por meio de critérios e alternativas preestabelecidas, para determinar quais as estratégias de plantio sustentável que mais se adequam às características da propriedade.

A quinta etapa do processo de modelagem é a implementação da solução que, segundo Hillier e Lieberman (2013), é uma fase crítica, uma vez que os resultados do estudo são provenientes dela e, sendo fundamental o acompanhamento contínuo durante a implementação, a fim de identificar se é necessário retificar algo no modelo. Nesta pesquisa, não será realizada a implementação da solução do modelo.

4. MODELO PARA PLANEJAMENTO DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

O modelo de decisão proposto nesta pesquisa possui duas etapas. A primeira é a realização da estruturação do modelo, a partir do método *Value-focused thinking* (VFT), com o intuito de determinar os objetivos e as alternativas para a estrutura do problema. Na segunda etapa ocorre a seleção da estratégia de plantio sustentável mais adequada à propriedade, a partir da aplicação do método multicritério de apoio à decisão, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Modelagem realizada na pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA POR MEIO DO VFT

A aplicação do VFT ocorrerá conforme as orientações propostas por Ralph L. Keeney para estruturar o problema de maneira sistemática, buscando identificar os objetivos, critérios e alternativas. Dessa forma, inicialmente serão definidos os decisores para, assim, iniciar a identificação dos valores, utilizando as técnicas presentes no Quadro 5. Depois de identificados, por meio da utilização do teste WITI, ocorrerá a definição e segmentação dos objetivos de acordo com três categorias: fundamentais, meios e estratégicos. Em seguida, serão determinados os critérios e, a partir deles, serão estabelecidas as alternativas que indicarão os caminhos a ser seguidos para atingir os objetivos. Posto isso, será estruturado o problema a ser estudado. Assim, a primeira etapa é segmentada em cinco fases: definição dos tomadores de decisão, identificação do contexto do problema, constatação dos objetivos, designação dos critérios e estabelecimento das alternativas.

Para que o processo de tomada de decisão seja realizado de maneira satisfatória, é fundamental que sejam considerados decisores que entendam do contexto estudado, a fim de estruturar um modelo que represente a realidade de maneira autêntica. Desta forma, deve-se selecionar pessoas como os donos das propriedades rurais, indivíduos com experiência proveniente das suas vivências, membros de organizações que sejam relacionadas à agropecuária e meio ambiente, ou ainda aquelas que possuem especialização na área que está sendo estudada.

A partir disso, busca-se identificar o contexto do problema de decisão, compreendendo os elementos que o compõem. Dessa forma, deve-se investigar aspectos como o tipo de cultura produzida no local, os equipamentos e recursos que a propriedade possui, estrutura disponível e a forma como ocorre a produção, tipos de fertilizantes utilizados, além de investigar se há alguma estratégia/técnica predominante no cultivo e as características da região em que a propriedade está localizada, dentre outros aspectos.

Segundo Morais *et al.* (2013), as tomadas de decisões ocorrem para que os decisores possam alcançar coisas valiosas da melhor maneira possível e, por isso, o VFT tem a sua atenção voltada para os valores dos decisores, visto que eles refletem os interesses dos envolvidos e, através deles, é possível identificar as melhores alternativas para o contexto em estudo, indo além das já existentes. Diante disso, deve-se aplicar as técnicas apresentadas no Quadro 5, adaptando-as à realidade do problema, com o propósito de identificar os valores do proprietário rural, avaliando quais os fatores relevantes que despertam o seu interesse.

Nessa perspectiva, baseando-se nos valores, ocorrerá a constatação dos objetivos, os quais, para Francozo e Belderrain (2022), representam de modo concreto os interesses dos decisores. Contudo, na concepção de Guarnieri e Almeida (2016), apesar de contribuírem para a tomada de decisão, é necessário ir além da identificação desses, realizando a sua organização, compreensão e análise, a fim de obter um processo satisfatório, já que isso proporciona diversos *insights*. Após constatá-los, os objetivos do proprietário rural devem ser classificados como estratégico, fundamentais ou meios, sendo o primeiro quem determinou o direcionamento da tomada de decisão e os demais os objetivos fundamentais (fins) e os meios (maneira como os fins serão alcançados), respectivamente. A categorização dos objetivos em fundamentais e meios ocorre mediante o teste WITI, caracterizado por questionar o porquê da importância de tal objetivo, de forma que os objetivos que levam a uma resposta são classificados como objetivos meios e os restantes são os objetivos fundamentais. Posteriormente, deve-se realizar a hierarquização desses objetivos, representando-a graficamente por meio da estruturação da rede de objetivos meio-fim, relacionando os objetivos meios aos objetivos fundamentais.

A quarta fase desta etapa será a designação dos critérios que, segundo Francozo *et al.* (2021), podem ser compreendidos como os indicadores/atributos que serão utilizados para avaliar as alternativas encontradas. O estabelecimento das alternativas consistirá na última fase dessa etapa. Pode-se utilizar a revisão de literatura como base para esta estruturação.

4.2 SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PLANTIO SUSTENTÁVEL

A segunda etapa consiste na seleção da estratégia de plantio sustentável mais adequada à propriedade, sendo necessário realizar a determinação do método de análise multicritério que mais se adequa às particularidades do problema estruturado. Dessa forma, esta etapa é composta por três fases: determinação do método de análise multicritério, aplicação do método escolhido e a decisão acerca da melhor estratégia de plantio sustentável.

Segundo Esmail e Geneletti (2018), os métodos de análise multicritério são utilizados para apoiar o processo de tomada de decisão, uma vez que possibilitam a comparação de diversas alternativas por meio da utilização de um conjunto de critérios que são relevantes para os decisores. Com isso, baseando-se nos critérios, busca-se avaliar o desempenho das alternativas, além de efetuar *tradeoffs* para a decisão.

Dessa forma, para a seleção da estratégia de plantio sustentável adequada para a propriedade rural em estudo foi utilizado o FITradeoff, tendo em vista que, para Rodríguez *et al.* (2023), esse método:

- Busca reduzir o esforço cognitivo dos decisores, já que utiliza de informações parciais, exigindo um menor volume de informações;
- Possui uma lógica compensatória, de forma que os decisores podem declarar as suas preferências, não necessitando determinar relações de indiferenças e, conseqüentemente, reduzindo as inconsistências do processo, além de manter a estrutura axiomática do processo tradicional de tradeoff;
- É adequado para a problemática de ordenação.

Nessa perspectiva, a segunda fase desta etapa será a aplicação do método que ocorrerá por meio do *FITradeoff Decision Support System*, a fim de obter o *ranking* das alternativas estabelecidas. Para isso, nesta pesquisa, utilizou-se os critérios e alternativas definidas na primeira etapa do modelo. Por fim, fundamentando-se nos resultados obtidos, foi selecionada a estratégia de plantio sustentável mais adequada para a propriedade em estudo.

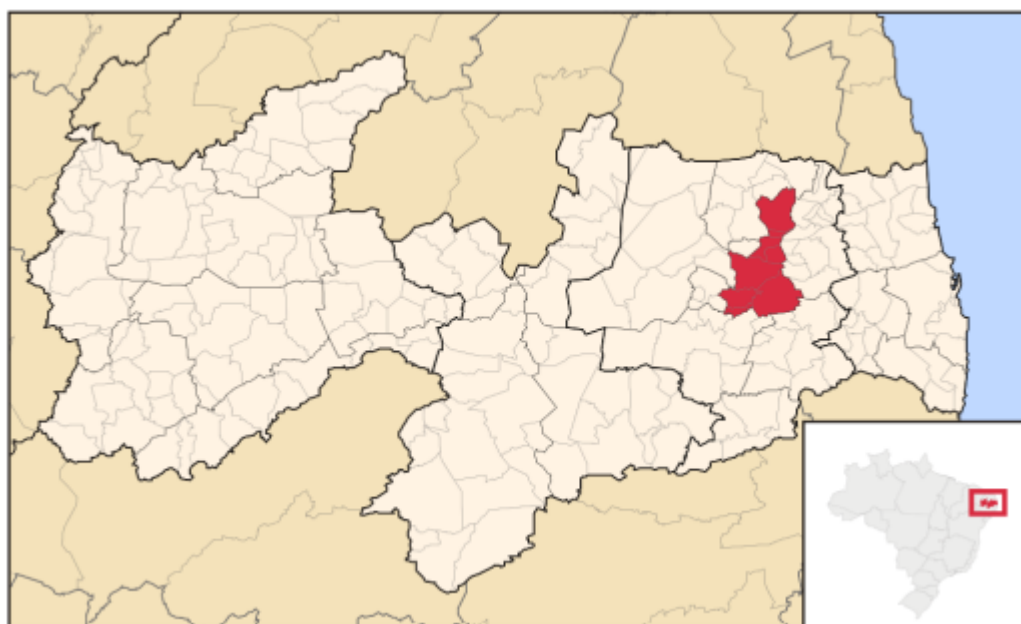
5. APLICAÇÃO DO MODELO

Esta seção irá abordar sobre a aplicação do modelo, detalhando todas as etapas realizadas conforme estabelecido no modelo estruturado.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

O estudo de caso ocorreu em uma propriedade rural de pequeno porte situada em Alagoa Nova, cidade inserida na Microrregião do Brejo Paraibano, conforme ilustra o mapa da Figura 11. O município conta com uma área territorial de 128,239 km^2 e uma população de 21.013 habitantes (IBGE, 2022). De acordo com Moreira e Targino (1997), e Sousa (2018), o Brejo Paraibano é caracterizado por apresentar condições propícias para a agricultura, com solos férteis, um clima úmido proveniente da sua altitude média de 600 metros e com uma temperatura média de 22° C a 25°C. Os autores complementam ainda que a Microrregião possui uma pluviosidade média de 1.000 a 2.000 mm ao ano, além de possuir uma estação seca de curta duração, de 1 a 3 meses.

Figura 11 - Microrregião do Brejo Paraibano



Fonte: Wikiwand (2023)

A propriedade em estudo é caracterizada pela agricultura familiar, com uma produção destinada tanto para alimentação animal quanto para subsistência e comercialização. O cultivo dos produtos e manejo dos animais é realizado por seis trabalhadores. No que se refere à sua extensão territorial, possui 26 hectares de terra, dos quais 17 hectares são para a área de cultivo e 20% é a área de proteção legal.

5.2 APLICAÇÃO DO VFT

Inicialmente, foram definidos os tomadores de decisão, que foram o dono da propriedade e uma especialista, e, em seguida, realizou-se a identificação do contexto do problema, constatação dos objetivos e a designação dos critérios por meio da aplicação das técnicas de identificação dos objetivos (Keeney, 1994).

Dessa maneira, foi realizada uma entrevista com o dono da propriedade em estudo, a fim de responder aos questionamentos sugeridos pelo autor. É importante salientar que a especialista estava presente, com o intuito de realizar um melhor direcionamento das perguntas ao proprietário, além de colaborar para a identificação das informações relevantes para a estruturação do problema. Neste sentido, realizou-se os questionamentos ao proprietário, e a especialista complementou e realizou novos questionamentos à medida que foram se obtendo *insights* ao longo do processo. Assim, o Quadro 6 apresenta os aspectos identificados por meio dos questionamentos realizados.

De acordo com o Quadro 6, pode-se perceber que na propriedade ocorre tanto o cultivo de produtos agrícolas quanto a criação de animais, de forma que os produtos agrícolas são destinados ao consumo familiar e os produtos comercializados são o leite do rebanho, ração animal e os animais criados no local. Assim, o proprietário busca aumentar a sua produção e entregar produtos de qualidade aos clientes, ao passo que reduz os riscos de perdas da produção e rebanho, e preserva os recursos naturais da propriedade.

Nesse sentido, constatou-se as alternativas existentes, dentre as quais a perfeita proporciona um alto desempenho em todos os pilares da sustentabilidade, a razoável considera todos os pilares, mas não apresenta um bom desempenho em todos, e a terrível é a agricultura tradicional, que não considera nenhum pilar da sustentabilidade. Além disso, foi abordado sobre as deficiências e problemas existentes na propriedade, identificando-se que, na maioria das atividades, utiliza-se da agricultura convencional. Entretanto, há diversas consequências decorrentes disso, e por este motivo, busca-se por novas formas de produção, que sejam sustentáveis.

Quadro 6 - Aspectos identificados

TÉCNICA	ASPECTOS IDENTIFICADOS POR MEIO DOS QUESTIONAMENTOS
1 - Elaboração de uma lista de desejos	<ul style="list-style-type: none"> - Selecionar estratégias de plantio sustentável - Produzir ração animal para consumo e venda (milho, capim-açu, cana-de-açúcar) - Produzir alimentos para consumo familiar (milho, feijão, árvores frutíferas) <ul style="list-style-type: none"> - Vender o leite produzido pelo rebanho bovino - Vender o rebanho - Ter alimentos saudáveis para a família, a partir da produção agrícola <ul style="list-style-type: none"> - Entregar produtos de qualidade aos clientes - A partir da venda de produtos e do rebanho, gerar renda familiar. <ul style="list-style-type: none"> - Preservar os recursos naturais da propriedade - Reduzir os riscos de perda de produção e rebanho
2 - Constatação de alternativas	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativa perfeita: tem alto desempenho em todos os pilares da sustentabilidade (social, econômico e ambiental) - Alternativa razoável: considerar todos os pilares da sustentabilidade, mas não possui alto desempenho em todos eles. <ul style="list-style-type: none"> - Alternativa terrível: não considera os pilares da sustentabilidade (agricultura tradicional).
3 - Análise das deficiências e problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Errado: Uso da agricultura tradicional na maioria das atividades da propriedade. <ul style="list-style-type: none"> - Correto: Busca por novas formas de produção. - Necessidade de utilizar os pilares da sustentabilidade nas práticas agrícolas.
4 - Previsão das consequências	<p>Com o uso da agricultura tradicional, poderemos ter problemas no solo da propriedade, o que pode diminuir a produtividade, além da poluição da nascente da 'grutinha', da qual vem a água de consumo das residências do sítio. Algumas consequências:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redução dos ganhos líquidos - Demissão de pessoal - Necessidade de uso de água de outras fontes
5 - Identificação das restrições e diretrizes de metas	<ul style="list-style-type: none"> - Aspirações: Transformar o processo agrícola da propriedade em uma atividade sustentável. - Limitações: Disponibilidade de recursos financeiros e falta de conhecimento sobre estratégias sustentáveis.
6 - Consideração das diferentes perspectivas	<ul style="list-style-type: none"> - Os clientes buscam por produtos de qualidade e baixo preço. - O proprietário visa o aumento da produtividade e a redução dos riscos de perda de produção.
7 - Estabelecimento dos objetivos estratégicos	<p style="text-align: center;">Maximizar os benefícios econômicos Maximizar os benefícios sociais Minimizar os impactos ambientais</p>
8 - Objetivos fundamentais	<p style="text-align: center;">De acordo com os fatores listados no Quadro 3.</p>
9 - Estruturação dos objetivos	<p style="text-align: center;">De acordo com os critérios listados no Quadro 3.</p>
10 - Quantificação dos objetivos	<p style="text-align: center;">Realizado por meio do FITradeoff.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Diante desse cenário, o proprietário almeja transformar o sistema agrícola da propriedade em uma atividade sustentável. No entanto, há limitações como a falta de recursos financeiros e a ausência de conhecimentos relacionados à agricultura sustentável. Dessa forma, considerando as diferentes perspectivas identificadas, definiu-se três objetivos estratégicos: maximizar os benefícios econômicos, maximizar os benefícios sociais e minimizar os impactos ambientais. Além disso, por meio dos aspectos identificados, ocorreu a identificação dos valores e, considerando a literatura analisada, definiu-se os objetivos fundamentais e meios, e estruturou-os em hierarquias, a fim de facilitar o entendimento. O Quadro 7 apresenta os objetivos hierarquizados.

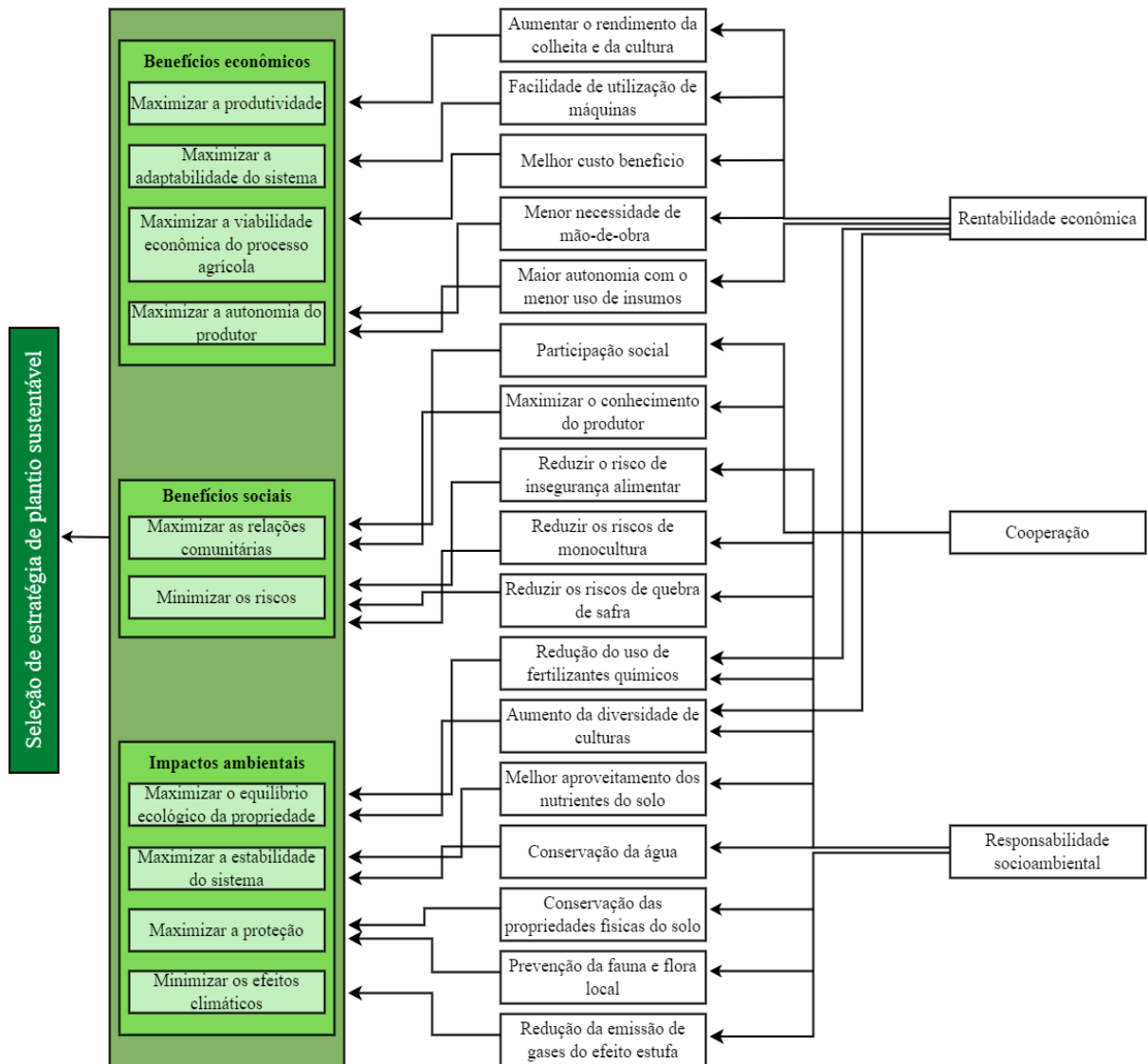
Quadro 7 - Hierarquização dos objetivos estratégicos, fundamentais e meios

1. MAXIMIZAR OS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS
1.1. Maximizar a produtividade 1.1.1 Aumentar o rendimento da cultura e colheita
1.2. Maximizar a adaptabilidade do sistema 1.2.1 Facilidade de utilização de máquinas 1.2.2 Medidas de adaptação no modo de produção e manejo da terra.
1.3. Maximizar a viabilidade econômica do processo agrícola 1.3.1 Melhor custo-benefício
1.4. Maximizar a autonomia do produtor 1.4.1. Menor necessidade de mão de obra. 1.4.2. Maior autonomia com o menor uso de insumos
2. MAXIMIZAR OS BENEFÍCIOS SOCIAIS
2.1. Maximizar as relações comunitárias 2.1.1. Participação social 2.1.2 Maximizar o conhecimento do produtor
2.2. Minimizar os riscos 2.2.1. Reduzir o risco de insegurança alimentar 2.2.2. Reduzir os riscos de monocultura 2.2.3. Reduzir os riscos de quebra de safra
3. MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS
3.1. Maximizar o equilíbrio ecológico da propriedade 3.1.1. Redução do uso de fertilizantes químicos 3.1.2. Aumento da diversidade de culturas
3.2. Maximizar a estabilidade do sistema 3.2.1. Melhor aproveitamento dos nutrientes 3.2.2. Conservação da água
3.3. Maximizar a proteção 3.3.1. Conservação das propriedades físicas do solo 3.3.2. Prevenção da fauna e flora local
3.4. Minimizar os efeitos climáticos 3.4.1. Redução da emissão de gases do efeito estufa

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a categorização dos objetivos, foi estruturada a rede de objetivos meios-fins, com o intuito de melhor visualizá-los, além de relacioná-los com os valores identificados. Essa rede conta com os valores, objetivos meios, objetivos fundamentais e objetivos estratégicos. A rede construída está representada na Figura 12.

Figura 12 - Rede de objetivos meios-fins



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A partir da Figura 12, observa-se que o problema estruturado conta com três valores: rentabilidade econômica, cooperação e responsabilidade socioambiental. Todos eles estão interligados a pelo menos um objetivo meio. O valor “responsabilidade socioambiental” é o que possui mais objetivos meios (10) associados: “reduzir o risco de insegurança alimentar”; “reduzir os riscos de monocultura”; “reduzir os riscos de quebra de safra”; “reduzir o uso de fertilizantes químicos”; “aumento da diversidade de culturas”; “melhor aproveitamento dos nutrientes do solo”; “conservação da água”; “conservação das propriedades físicas do solo”;

“prevenção da fauna e flora local” e “redução da emissão de gases do efeito estufa”. Já a “rentabilidade financeira” está associada a sete objetivos meios, que são: “aumentar o rendimento da colheita e da cultura”; “facilidade de utilização de máquinas”; “melhor custo-benefício”; “menor necessidade de mão de obra”; “maior autonomia com o menor uso de insumos”; “redução do uso de fertilizantes químicos” e “aumento da diversidade de culturas”. Por fim, a “cooperação” foi o valor que teve apenas dois objetivos meios associados: “participação social” e “maximizar o conhecimento do produtor”.

No que diz respeito aos objetivos fundamentais, pode-se constatar que, para alcançá-los, há pelo menos um objetivo meio a ser seguido. A exemplo disso, tem-se os seguintes casos: “maximizar a produtividade”; “maximizar a adaptabilidade do sistema”; “maximizar a viabilidade econômica do processo agrícola” e “minimizar os efeitos climáticos”. O objetivo fundamental que possui mais objetivos meios (3) é “minimizar os riscos”, já os demais objetivos possuem dois meios para serem atingidos.

Tratando-se dos objetivos fundamentais, relacionando-os aos objetivos estratégicos, tem-se que: “maximizar a produtividade”; “maximizar a adaptabilidade do sistema”; “maximizar a viabilidade econômica do processo agrícola” e “maximizar a autonomia do produtor” estão relacionados ao objetivo estratégico dos benefícios econômicos; “maximizar as relações comunitárias” e “minimizar os riscos” são interligados com o objetivo dos benefícios sociais; por fim, os objetivos fundamentais “maximizar o equilíbrio ecológico da propriedade”; “maximizar a estabilidade do sistema”; “maximizar a proteção” e “minimizar os efeitos climáticos” estão associados aos impactos ambientais. Neste sentido, percebe-se que apenas o objetivo de longo prazo “benefícios sociais”, pertencente ao pilar social da sustentabilidade, possui dois objetivos fundamentais associados, enquanto os dos pilares econômico e ambiental, possuem quatro.

O aumento do rendimento da colheita e da cultura proporcionará o alcance do objetivo “maximizar a produtividade”, a facilidade de utilização de máquinas acarretará na maximização da adaptabilidade do sistema, já para “maximizar a viabilidade econômica do processo agrícola”, deverá ser atingido o objetivo “melhor custo benefício”. Quanto à maximização da autonomia do produtor, esta será conquistada quando houver uma menor necessidade de mão-de-obra e um menor uso de insumos.

No que tange aos objetivos fundamentais do pilar social, para que haja a maximização das relações necessárias, os objetivos meios que devem ser atingidos são “participação social” e “maximizar o conhecimento do produtor”, o outro objetivo fundamental é “Minimizar os

riscos”, o qual será alcançado quando houver a redução dos riscos de insegurança alimentar, riscos de monocultura e quebra de safra.

Ao levar em consideração os objetivos fundamentais pertencentes ao pilar ambiental, pode-se visualizar que os objetivos meios que devem ser alcançados para “maximizar o equilíbrio ecológico da propriedade” são: “redução do uso de fertilizantes químicos” e “aumento da diversidade de culturas”. Para o alcance da maximização da estabilidade do sistema, faz-se necessário atingir os objetivos meios de “melhor aproveitamento dos nutrientes do solo” e “conservação da água”. Os objetivos de “conservação das propriedades físicas do solo” e “prevenção da fauna e da flora local” levarão à conquista do objetivo fundamental “maximizar a proteção”. Por fim, o último objetivo fundamental identificado foi “minimizar os efeitos climáticos”, o qual terá a sua conquista por meio da “redução da emissão de gases do efeito estufa”.

5.2.1 Definição dos critérios

Fundamentando-se na literatura abordada e na análise dos objetivos identificados ao longo da aplicação do VFT, foram definidos os critérios considerados para a tomada de decisão. Para isso, realizou-se um *brainstorming* entre os decisores, a fim de obter *insights* e, assim, selecionar os critérios que serão utilizados.

Neste sentido, foram definidos dez critérios, sendo eles: rendimento da cultura e da colheita; adaptação no modo de produção e manejo da terra; custo-benefício; necessidade de mão-de-obra; participação social; riscos de monocultura; uso de fertilizantes químicos; conservação da água; conservação das propriedades físicas do solo e emissão de gases do efeito estufa. O Quadro 8 apresenta os critérios com uma breve descrição, acompanhados do intuito de maximizar ou minimizar, bem como a forma de mensurá-los e a sua classificação.

Quadro 8 - Critérios para a avaliação das alternativas

Pilar	Critério (Código)	Descrição	Max/Min	Mensuração

Econômico	Rendimento da cultura e colheita (C1)	Mensuração da quantidade que foi produzida em determinada área.	Max	Rendimento = quilogramas de matéria seca por hectare de terra.
	Adaptação no modo de produção e manejo da terra (C2)	Adequação da estratégia de plantio conforme o clima da localidade, bem como as características do solo e disponibilidade de recursos materiais e financeiros.	Max	Escala de likert de cinco pontos
	Custo-benefício (C3)	Relação entre os custos e benefícios esperados, considerando a manutenção do status quo.	Max	Escala de likert de cinco pontos
	Necessidade de mão de obra (C4)	Quantidade de trabalho manual que é necessário para o desenvolvimento das práticas agrícolas.	Min	Escala de likert de cinco pontos
Social	Participação social (C5)	Envolvimento dos indivíduos em decisões políticas, seja por meio de cooperativas ou associações.	Max	Escala de likert de cinco pontos
	Riscos de monocultura (C6)	O cultivo de uma única cultura vegetal é uma atividade que pode acarretar diversos danos, tais como o empobrecimento do solo ou uma maior incidência de ervas daninhas à plantação.	Min	Escala de likert de cinco pontos

Ambiental	Uso de fertilizantes químicos (C7)	Esse tipo de fertilizante é bastante utilizado no plantio como forma de instigar o crescimento da cultura por meio do fornecimento de nutrientes, bem como aumentar o seu rendimento. Entretanto, o seu uso pode ocasionar diversos danos ambientais. Este critério será analisado de acordo com referências presentes na literatura, levando em consideração a exigência da cultura, condição do solo e composição do composto.	Min	1 - Não utiliza fertilizantes inorgânicos. 2 - Utiliza de 1 a 30% de fertilizantes inorgânicos. 3 - Utiliza de 31 a 50% de fertilizantes inorgânicos. 4 - Utiliza de 51 a 80% de fertilizantes inorgânicos 5- Utiliza de 81 a 100% de fertilizantes inorgânicos
	Conservação da água (C8)	Utilização da menor quantidade possível de água, assim como a conservação de suas características.	Max	Escala de likert de cinco pontos
	Conservação das propriedades físicas do solo (C9)	Preservação das propriedades físicas do solo, como a permeabilidade, densidade, textura, granulometria, cor, estrutura e porosidade.	Max	Escala de likert de cinco pontos
	Emissão de gases do efeito estufa (C10)	Liberação de GEE devido à forma de plantio utilizada.	Min	Escala de likert de cinco pontos

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Relacionando-os com os três pilares da sustentabilidade, percebe-se que o “rendimento da cultura e da colheita”, “adaptação no modo de produção e manejo da terra”, “custo-benefício” e “necessidade de mão-de-obra” pertencem ao pilar econômico. O pilar social, por sua vez, engloba os critérios: “participação social” e “riscos de monocultura”. Já os critérios “uso de fertilizantes químicos”, “conservação da água”, “conservação das propriedades físicas do solo” e “emissão de gases do efeito estufa” são relacionados ao pilar ambiental. É importante mencionar ainda que há uma maior quantidade de critérios referentes ao pilar ambiental, já que este é considerado o mais importante pelo decisor. Contudo, são considerados critérios relativos a todos os pilares da sustentabilidade, visto que isso é fundamental para a aplicação de uma estratégia de plantio sustentável.

Desses critérios, busca-se a minimização de apenas quatro: “necessidade de mão-de-obra”, “riscos de monocultura”, “uso de fertilizantes químicos” e “emissão de gases do efeito estufa”. Para os demais critérios, tem-se o intuito de maximizá-los. No que diz respeito à forma de mensuração, foi definido que seria de acordo com a escala de Likert, com exceção do “rendimento” e “uso de fertilizantes químicos”.

5.2.2 Definição das alternativas

A constatação das possíveis alternativas, que serão analisadas no processo decisório, foi realizada por meio da avaliação das estratégias de plantio sustentável presentes na Figura 5. Nesse sentido, para esta seleção, avaliou-se quais os critérios que cada estratégia atendia, selecionando-se aquelas alternativas que atendam, com bom desempenho, a pelo menos quatro critérios. Além disso, devem atender no mínimo um critério de cada pilar da sustentabilidade. O Quadro 9 apresenta essas alternativas, bem como os critérios que atendem.

Quadro 9 - Critérios atendidos por cada alternativa

CÓDIGO	ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS ATENDIDOS
A1	Consórcio	C1; C6; C7; C8; C10

A2	Rotação de culturas	C1; C2; C3; C6; C7; C10
A3	Adubação verde	C1, C7, C9, C10
A4	Sistema agrossilvipastoril	C1, C3, C7, C9, C10
A5	Sistema agropastoril	C1, C3, C6, C7, C9, C10
A6	Sistema de plantio direto	C1, C3, C7, C9

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a determinação das alternativas, ocorreu a aplicação do método de apoio à decisão multicritério, com a finalidade de selecionar as melhores estratégias de plantio sustentável para a propriedade em estudo.

5.2.3 Determinação da estratégia de plantio sustentável

Nesta etapa aplicou-se o FITradeoff por meio do *FITradeoff Decision Support System*. Inicialmente, selecionou-se a problemática do ranqueamento para a determinação da seleção da estratégia de plantio mais adequada. Inicialmente, foram informados ao sistema os critérios que seriam considerados para a seleção das alternativas, bem como a preferência de maximização ou minimização, e as alternativas que seriam levadas em consideração. Outro aspecto definido foi se os critérios seriam contínuos ou discretos, de modo que apenas um era contínuo, o

rendimento, enquanto os demais foram discretos e, por essa razão, foram determinados pela escala de Likert, já que é uma restrição do software para variáveis discretas.

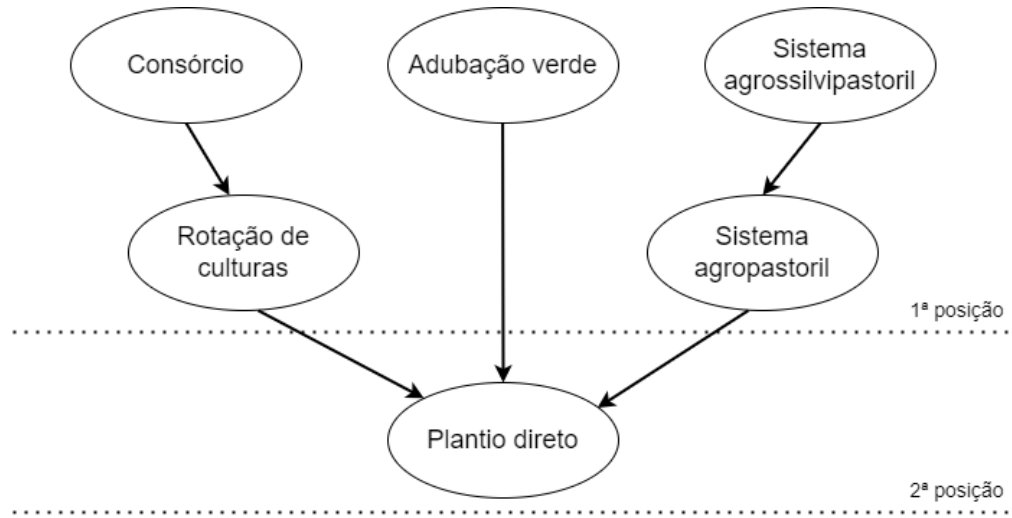
Posteriormente, o *software* gerou a matriz de decisão que relacionava os critérios a cada alternativa, de modo que as informações preenchidas foram os *inputs* necessários para o processo de tomada de decisão. A matriz de decisão é demonstrada na Tabela 2. A mensuração dos critérios para o preenchimento desta matriz ocorreu com a ajuda da especialista, fundamentando-se também em dados disponibilizados no portal da Embrapa, além de trabalhos encontrados na literatura, realizados por Carvalho *et al.* (2004), Cruz *et al.* (2006), Cruz *et al.* (2006), Galvão *et al.* (2022) e Neto *et al.* (2013).

Tabela 2 - Critérios para a avaliação das alternativas

ALTERNATIVA	CRITÉRIO									
	C1 (kg/ha)	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	8500	4	3	3	2	1	2	4	4	4
A2	9680	5	3	3	2	1	4	4	4	3
A3	44610	3	2	4	3	4	1	5	5	5
A4	6260	1	4	5	2	2	3	5	5	3
A5	6402	2	4	5	2	2	3	5	3	2
A6	9680	5	2	2	1	5	3	3	2	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para determinar o peso realizou-se a análise de trade-off, na qual é realizada uma comparação par a par das consequências a partir de respostas a diversos questionamentos apresentados ao decisor. Assim, são feitas comparações entre possuir o melhor desempenho em um critério 'a' e o pior em todos os outros OU melhor desempenho em um critério 'b' e o pior em todos os outros. A partir daí, o sistema determina o peso dos critérios. Ao ser processada pelo sistema, gerou-se a pré-ordem parcial, que apresentou apenas duas colocações, dentre as quais somente a alternativa de plantio direto ocupava a segunda posição, como demonstrado no Diagrama de Hasse apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Diagrama de Hasse da pré-ordem das alternativas

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Desse modo, a pré-ordem gerada pelo programa apresentou que todas as alternativas se sobressaiam com relação à estratégia de plantio direto. O consórcio, a adubação verde e o sistema agrossilvipastoril estavam equiparados. Isso não satisfaz o decisor, e, por este motivo, deu-se continuidade ao processo decisório a partir da elicitação por decomposição. Os pesos são ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Constantes de escala geradas pelo sistema

CRITÉRIO	PESO
C1	0,52
C2	0,29
C3	0,18
C4	0,09
C5	0,04
C6	0,02
C7	0,02
C8	0,01
C9	0,01
C10	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nesse sentido, constatou-se que os critérios Rendimento (C1), Adaptação no modo de produção e manejo da terra (C2) e Custo-benefício (C3) apresentaram um maior peso. Posto isso, o programa forneceu o *ranking* completo das alternativas que satisfizes o decisor e o processo decisório foi finalizado. Assim, a Tabela 4 apresenta o *ranking* completo das alternativas.

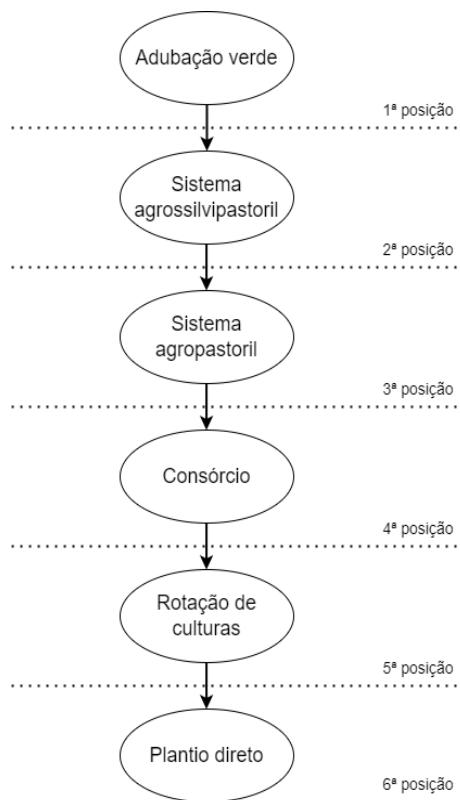
Tabela 4 - Ranking completo das alternativas

POSIÇÃO	ALTERNATIVA
1º	Adubação verde
2º	Sistema agrossilvipastoril
3º	Sistema agropastoril
4º	Consórcio
5º	Rotação de culturas
6º	Plantio direto

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Arelado a isso, o programa também forneceu a representação gráfica do *ranking*, por meio do Diagrama de Hasse, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Diagrama de Hasse do ranking completo das alternativas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Por meio da aplicação do *FITradeoff*, pode-se perceber que, dentre as seis alternativas, o método estabeleceu como melhor alternativa, de acordo com as preferências do decisor, a estratégia de plantio sustentável a adubação verde, a segunda melhor foi o sistema agrossilvipastoril e a terceira foi o sistema agropastoril. Já a pior alternativa é a estratégia de plantio direto. Após a finalização do processo, realizou-se a análise de sensibilidade.

5.2.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada com o intuito de avaliar o quão sensível o modelo proposto é a pequenas variações nos pesos dos critérios. Dessa forma, após a determinação do *ranking* das estratégias de plantio sustentável mais adequadas à propriedade em estudo, deu-se início a análise de sensibilidade, realizada pelo sistema de decisão a partir de mudanças de peso determinadas pela analista.

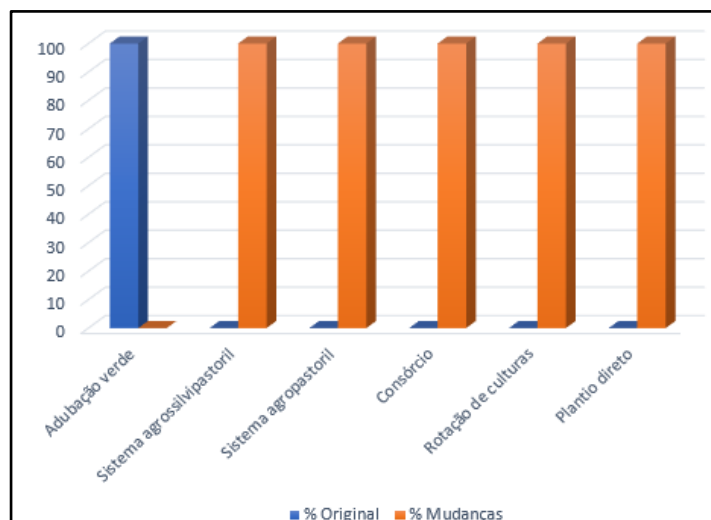
Assim, alterou-se o peso do critério “Conservação da água” em $\pm 0,05$. Nesse sentido, foi gerado o ranking final após a análise dos dois cenários, onde um contava com o peso do critério acrescido em 0,05 e o outro com redução de 0,05. Diante disso, obteve-se um *ranking* com cinco colocações, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Ranking completo das alternativas gerado na análise de sensibilidade com o peso da “Conservação da água” alterado

POSIÇÃO	ALTERNATIVA
1°	Adubação verde
	Sistema agrossilvipastoril
2°	Sistema agropastoril
3°	Consórcio
4°	Rotação de culturas
5°	Plantio direto

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A primeira posição foi ocupada pelas estratégias de plantio “adubação verde” e o “sistema agrossilvipastoril”, por outro lado, a quinta posição foi ocupada pela estratégia “plantio direto”. Além do *ranking*, o software forneceu o Gráfico 4, com o intuito de exibir alternativas sofreram alteração na sua posição.

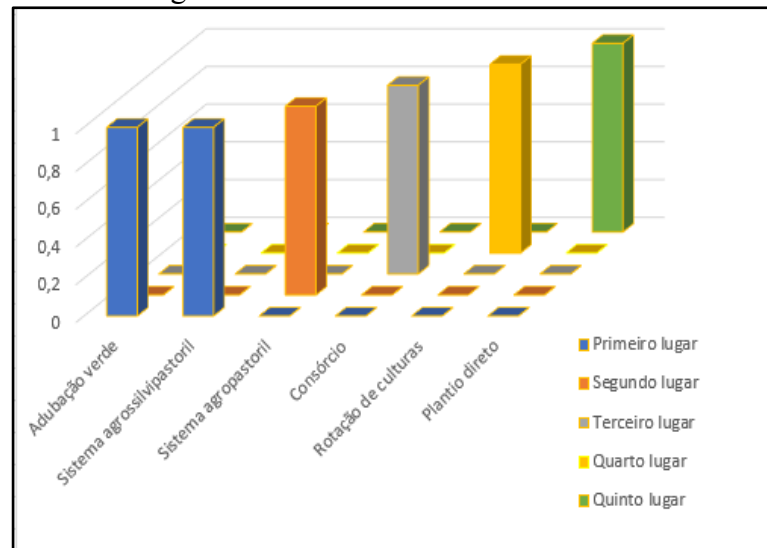
Gráfico 4 - Percentual de mudanças na posição do ranking de cada alternativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Pode-se constatar que, de acordo com o Gráfico 4, a única alternativa que se manteve 100% original foi a adubação verde, as demais apresentaram 100% de mudanças, o que pode ser justificado pelo fato de que o sistema agrossilvipastoril subiu uma posição, ficando também em primeiro lugar, e conseqüentemente, as outras alternativas também subiram uma posição, mas não houve modificação na ordenação.

Posteriormente, foi realizada outra análise de sensibilidade, alterando o peso do critério “riscos de monocultura”, também variando-o em 0,05 e determinando dois cenários. Os resultados obtidos foram semelhantes aos resultados da análise de sensibilidade anterior, de maneira que tanto o *ranking* quanto os gráficos tiveram os mesmos resultados demonstrados no Tabela 5 e no Gráfico 4. O Gráfico 5 apresenta uma representação visual do ranking das alternativas em ambas as análises de sensibilidade.

Gráfico 5 - Ranking das alternativas gerado nas análises de sensibilidade da “conservação da água” e dos riscos de monocultura



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Diante dessa perspectiva, percebe-se que, ainda que o modelo não ofereça uma solução ótima, ele proporciona o *ranking* com as alternativas mais adequadas ao considerar um conjunto de critérios que representam a realidade da propriedade e as preferências do decisor. Por exemplo, a alternativa sistema agrossilvipastoril pode ser realizada, já que há a criação de gado na propriedade e a região é propícia para a prática da silvicultura, visto que, de acordo com o IBGE (2021), a microrregião onde está instalada, o Brejo Paraibano, se destaca com a maior área (10662 hectares) destinada para o cultivo de lavouras permanentes na Paraíba, sendo o município de Alagoa Nova responsável por aproximadamente 35,73% dessa área.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento sustentável vem ganhando cada vez importância ao longo dos anos, visto que tem se tornado uma preocupação mundial, sendo pauta de diversas discussões. Desse modo, para alcançá-lo, é imprescindível que todos os pilares da sustentabilidade (ambiental, social e econômico) sejam atendidos, visando reduzir os danos ambientais e proporcionar qualidade de vida à população, ao passo que contribui para o desenvolvimento econômico. Entretanto, o aumento exacerbado da população mundial fez com que aumentasse consideravelmente a demanda por alimentos, sendo necessário recorrer a formas de produção que causem o mínimo possível de danos ambientais e supram a demanda alimentar, além de demandar menos recursos financeiros. Nessa perspectiva, a agricultura sustentável é um fator essencial, pois permite a produção de alimentos e reduz a degradação ambiental.

Neste contexto, por meio do presente trabalho foi possível responder ao problema de pesquisa de “como elaborar um modelo de decisão para determinar estratégias de agricultura sustentável adequadas às propriedades rurais?”, e atender ao objetivo do trabalho. Assim, obteve-se a estruturação de um modelo de apoio à decisão multicritério que permitiu criar um *ranking* de alternativas de estratégias de plantio sustentável mais adequadas às propriedades rurais. É importante mencionar que o modelo contou com a estruturação de um problema por meio do VFT para garantir uma maior efetividade no processo decisório, já que foi possível identificar diversos fatores relevantes para a situação em estudo.

Outro fator importante foi o fato de que a seleção das alternativas consideradas na aplicação do método foi fundamentada em trabalhos presentes na literatura, baseados em experimentos, metanálise, revisão sistemática da literatura, simulações e análise estatística dos dados. Dessa maneira, foram selecionadas apenas aquelas estratégias de plantio que contribuem para o alcance da sustentabilidade. Além disso, constatou-se a efetividade do modelo estruturado, tendo em vista que a sua aplicação trouxe resultados que representam a realidade da propriedade em estudo.

Neste sentido, pode-se verificar a eficiência da aplicação de um método de apoio à decisão multicritério, uma vez que foi possível encontrar, de forma simplificada, as melhores alternativas para o proprietário, bem como conferir a robustez do modelo estruturado através das análises de sensibilidade.

Assim, o presente trabalho contribuirá para pesquisas futuras, pois realizou um levantamento dos trabalhos atuais, existentes na literatura, relacionados às estratégias de plantio sustentável, analisando-os de acordo com os três pilares da sustentabilidade e verificando as estratégias existentes e os impactos ambientais, sociais e econômicos acarretados. Ademais, propiciou a construção de um modelo genérico de decisão que pode ser aplicado em outras propriedades rurais, corroborando para a seleção da(s) estratégia(s) de plantio sustentável e, conseqüentemente, para o aumento da eficiência das atividades agrícolas desenvolvidas, bem como dos benefícios obtidos.

Por fim, propõe-se como trabalhos futuros: atualização da revisão sistemática sobre as estratégias de plantio sustentável, buscando identificar novas estratégias, bem como adicionar novos impactos provenientes delas; utilização das estratégias definidas como melhores alternativas na propriedade rural estudada, seguida da aplicação de ferramentas para mensuração dos resultados; e estruturação de um programa de análise de decisão multicritério voltado para a agricultura sustentável, o qual disponibiliza informações fundamentais acerca do tema.

REFERÊNCIAS

- ABDU-RAHEEM, K. A.; WORTH, S. H. Food security and biodiversity conservation in the context of sustainable agriculture: the role of agricultural extension. **South African Journal of Agricultural Extension**, v. 41, n. 1, p. 1 – 15, 2013.
- ABRANCHES, M. O. *et al.* Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetables, **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, Jun. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16351>
- ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro, 1971.
- ADEM ESMAIL, Blal; GENELETTI, Davide. Multi- criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 1, p. 42-53, 2018.
- ALENCAR, M. H.; PRIORI JÚNIOR, L.; ALENCAR, L. H. Structuring objectives based on value-focused thinking methodology: Creating alternatives for sustainability in the built environment, **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 62-73, Jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.221>
- ALMEIDA, A. T. *et al.* **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. nt. Ser. Oper. Res. Man. 231 Springer, New York (2015).
- ALMEIDA, A. T. de *et al.* A summary on fitradeoff method with methodological and practical developments and future perspectives. **Operational Research**, v. 43, p. e268356, 2023.
- ALVARENGA, R. A. M. *et al.* **Arranjo produtivo local e desenvolvimento sustentável: uma relação sinérgica no município de Marco (CE)**. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 14, n. 5, p. 15–43, out. 2013.
- ALVES, L. R. M. **Nitrogênio em solução nutritiva na hidroponia**. 32 p. - (Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em agronomia) - Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2019.
- ALVES, R. J. M. *et al.* Análise do monitoramento de focos de calor e propostas para a redução de queimadas e incêndios em áreas protegidas no estado do Pará, **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, Jun. 2019.
- ASSIS, P. C. R. *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, **Revista Agrarian, Dourados**, v.12, n.43, p.57-70, Abr. 2019. DOI: 10.30612/agrária.v12i43.8520.
- ATHERTON, H. R.; LI, P.. Hydroponic Cultivation of Medicinal Plants—Plant Organs and Hydroponic Systems: Techniques and Trends. **Horticulturae**, v. 9, n. 3, p. 349, 2023.
- AURUS, P. **AGRICULTURE OF THE FUTURE: Science and technology for sustainable agricultural development**. *Métode*, 2018, 10, p. 33-39.

BARAIBAR, B. *et al.* Weeds in Cover Crops: Context and Management Considerations. *Agriculture* v. 11, n. 3, Fev. 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030193>

BARBOSA JÚNIOR, L. B. *et al.* **Integração lavoura-pecuária como alternativa sustentável de recuperação de pastagens degradadas.** In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro, 2, 2017, Natal.

BORGATTI, A. M. **Adoção de sistemas silvipastoris em consórcio com eucalipto na localidade do Faxinal, Arroio dos Ratos/RS.** 53 p. (Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

BORTOLUZZI, M. *et al.* Combining Value-Focused Thinking and PROMETHEE Techniques for Selecting a Portfolio of Distributed Energy Generation Projects in the Brazilian Electricity Sector. *Sustainability*, v. 13, n. 19, Out. 2021. <https://doi.org/10.3390/su131911091>

BOYABATLI, O.; NASIRY, J.; ZHOU, Y. Crop planning in sustainable agriculture: Dynamic farmland allocation in the presence of crop rotation benefits. *Management Science*, v. 65, n. 5, p. 2060-2076, 2019.

BREYFOGLE, F. W. **Implementing six sigma.** 2. ed. New Jersey, John Wiley & Sons, 2003.

BRUCE, A. B. Farm entry and persistence: Three pathways into alternative agriculture in southern Ohio, *Journal of Rural Studies*, v. 69, p. 30-40, jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.04.007>.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.). (1987). **Our Common Future.** World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.

CABRERA-PÉREZ, C. *et al.* Organic mulches as an alternative for under-vine weed management in Mediterranean irrigated vineyards: Impact on agronomic performance. *European Journal of Agronomy*, v. 145, p. 126798, 2023.

CALICIOGLU, O. *et al.* **The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions.** *Sustainability* 2019, 11, 222. <https://doi.org/10.3390/su11010222>.

CARTER, M.; PRICE, C. C.; RABADI, G. **Operations Research.** 2nd ed. CRC Press, 2019.

CARVALHO, M. A. C. *et al.* Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 39, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, P. H. M. **COMO A LITERATURA ANALISA O TRIPS: uma revisão sistemática.** 108 p. (Dissertação - Programa de Pós Graduação em Ciência Política) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

CASTRO, F. R. **O efeito das queimadas num cenário de Alterações Climáticas: A percepção dos agricultores nos Assentamentos Rurais na Amazônia Legal – Assentamentos São Jorge, Itacira E Pontal.** 197 p. (Tese - Doutorado em Alterações

Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Nova Lisboa, Lisboa, 2019.

CEDERHOLM BJÖRKLUND, J., 2018. **Barriers to sustainable business model innovation in Swedish agriculture.** *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*

CHEN, Xiaowei et al. Cooperation between specialized cropping and livestock farms at local level reduces carbon footprint of agricultural system: A case study of recoupling maize-cow system in South China. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 348, p. 108406, 2023.

CHISHOLM O, SHARRY P AND PHILLIPS L (2022) **Multi-Criteria Decision Analysis for Benefit-Risk Analysis by National Regulatory Authorities.** *Front. Med.* 8:820335. doi: 10.3389/fmed.2021.820335

CHIVASA, N. Sustainability of food production support services offered by Sustainable Agriculture Trust to subsistence farmers in Bikita District, Zimbabwe. **Journal of Disaster Risk Studies**, p. 1-9, 2019.

CHOUDHARY, V. K. Weed suppression, weed seed bank and crop productivity influenced under tillage and mulches in maize-rapeseed cropping system. **Crop Protection**, v. 172, p. 106333, 2023.

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. **Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações.** *Revista de Administração - Rausp*, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 289-300, set. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2234/223417504001.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.

CONTERATTO, C.; MARTINELLI, G. C.; OLIVEIRA, L. Food security, smart agriculture and sustainability: the state of the art in the scientific field, **Journal on Innovation and Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 33-43, Mai. 2020.

CORREIA, L. M. A. et al. A multicriteria decision model to rank workstations in a footwear industry based on a FITradeoff-ranking method for ergonomics interventions. **Operational Research**, v. 22, n. 4, p. 3335-3371, 2022.

COSTA, A.A.V.M. Sustainable Agriculture III: Indicators. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 90-105, 2010.

COSTA, I.P.D.A. *et al.* **Choosing flying hospitals in the fight against the COVID-19 pandemic: structuring and modeling a complex problem using the VFT and ELECTRE-MOr methods.** In *IEEE Latin America Transactions*, v. 19, n. 6, p. 1099-1106, Jun. 2021, doi: 10.1109/TLA.2021.9451257.

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A. Alvarenga, R. C.; Gontijo Neto, M. M., Viana, J. H. M., de OLIVEIRA, M. F., Santana, D. P. (2006). **Manejo da cultura do milho.**

DA SILVA, T. G. F. et al. Cactus–sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilisation can optimise water use in dry regions. **Science of The Total Environment**, p. 165102, 2023.

DE ALMEIDA, A.T. Processo de Decisão nas Organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo, **Atlas**, 2013.

DE ALMEIDA, A. T. et al. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 179-191, 2016.

DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, Eduarda Asfóra; ROSELLI, Lucia Reis Peixoto. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. **Central European Journal of Operations Research**, v. 29, p. 7-47, 2021.

DE OLIVEIRA SILVA, R. et al. O aumento da produção de carne bovina poderia reduzir as emissões de gases de efeito estufa no Brasil se dissociado do desmatamento. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, pág. 493-497, 2016.

DEMIRDOGEN, A.; GULDAL, H. T.; SANLI, H. Monoculture, crop rotation policy, and fire, **Ecological Economics**, v. 203, Jan. 2023. <https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ecolecon.2022.107611>

DO, H.; LUEDELING, E.; WHITNEY, C. Decision analysis of agroforestry options reveals adoption risks for resource-poor farmers, **Agron. Sustain. Dev.**, v. 40, n. 20, Jun. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00624-5>

DRANITSARIS, G., ZHANG, Q., QUILL, A. et al. **Treatment Preference for Alzheimer's Disease: A Multicriteria Decision Analysis with Caregivers, Neurologists, and Payors.** *Neurol Ther* 12, 211–227 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40120-022-00423-y>

DUAN, C. et al. Assessing trade-offs among productive, economic, and environmental indicators of forage systems in southern Tibetan crop-livestock integration. **Science of The Total Environment**, v. 876, p. 162641, 2023.

DUARTE, M. D. O. **Modelos de decisão multicritério e de portfólio com aplicação na construção de políticas energéticas sustentáveis.** 2011. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

DUARTE, P. M. *et al.* Integração Lavoura-Pecuária (ILP): Uma Revisão Literária, **UNICIÊNCIAS**, Mato Grosso, v. 22, n. 2, p. 106-109, Dez. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17921/1415-5141.2018v22n2p106-109>

DUCHENE, O.; VIAN, J. F.; CELETTE, F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 148-161, Fev. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>

DUNGCA, D. M. R. et al. Innovating Green Wall: A Sustainable Way of Enhancing the Vertical Planting System. In: **2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM).** IEEE, 2021. p. 1-6.

DURU, M.; SARTHOU, J. P.; THEROND, O. L'agriculture régénératrice : summum de l'agroécologie ou *greenwashing?*, *Cahiers Agricultures*, v. 31, n. 17, p. 1-10, jul. 2022. <https://doi.org/10.1051/cagri/2022014>

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda., 2012.

ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Reino Unido: Capstone Publishing Limited, 1997, p.402.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Consórcio com o milho aumenta a produção sustentável de cana-de-açúcar no Cerrado. 2021**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65401372/consorcio-com-o-milho-aumenta-a-producao-sustentavel-de-cana-de-acucar-no-cerrado>. Acesso em: 27 set. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Consórcio de pastagens com leguminosas traz benefícios para o produtor e para o ambiente**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41414556/consorcio-de-pastagens-com-leguminosas-traz-beneficios-para-o-produtor-e-para-o-ambiente#:~:text=19%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20animal-Cons%C3%B3rcio%20de%20pastagens%20com%20leguminosas%20traz%20benef%C3%AAdcios,produtor%20e%20para%20o%20ambiente&text=O%20uso%20consorciado%20de%20leguminosas,sem%20impactar%20na%20produtividade%20animal>. Acesso em: 27 set. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): O cultivo da Cebola**. Florianópolis, 78 p, 2018.

FACIROLI, J. *et al.* Efeitos das redes sociais nos resultados dos programas governamentais: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 42, n. 1, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1590/0101-31572022-3056>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food security and nutrition in the world 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc3017en/online/state-food-security-and-nutrition-2023/food-security-nutrition-indicators.html>. Acesso em: 13 ago. 2023.

FAO. ***A New Approach for Mainstreaming Sustainable Food and Agriculture in the Implementation of the Sustainable Development Goals***; FAO: Rome, Italy, 2019.

FAO. **Migrações e Crises Prolongadoras**; FAO: Roma, Itália, 2016.

FINNEY, D. M.; KAYE, J. P. Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system, **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 2, p. 509-517, Ago. 2016. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12765>

FIRBANK, L. G. et al. Grand challenges in sustainable intensification and ecosystem services. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, p. 7, 2018.

FLOR, M. J. P. Consequências das derrubadas e queimadas de vegetação: práticas utilizadas pelos agricultores da Transassuruni Altamira Pará 2021, **Revista Alter jor**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 261-282. Fev. 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-1507.v25i1p261-282>

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRANÇOZO, R. V. et al. SELEÇÃO DE HORÁRIOS ESCOLARES COMBINANDO VALUE-FOCUSED THINKING E FITRADEOFF. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 13, 2021.

FRANÇOZO, R. V.; BELDERRAIN, M. C. N. A problem structuring method framework for value-focused thinking. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 10, p. 100014, 2022.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research**, v. 19, p. 909-931, 2019.

FREJ, E. A.; EKEL, P.; DE ALMEIDA, A.T. A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. **Information sciences**, v. 545, p. 487-498, 2021.

GALVÃO, J. C. C; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. **Adubação orgânica em milho**. Revista Cultivar, Pelotas Rs, nov. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/adubacaoorganicaemmilho>. Acesso em: 22 ago. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Gou, Z., et al. Improving the sustainability of cropping systems via diversified planting in arid irrigation areas. **Agronomy for Sustainable Development**. 42, 88 (2022).

GUANGXUAN, Y. A. N. et al. A Meta-analysis of No-tillage Effects on Greenhouse Gas Emissions from Wheat-based Rotation Cropping Agroecosystem in China. **Chinese Geographical Science**, v. 33, n. 3, p. 503-511, 2023.

GUARNIERI, P.; DE ALMEIDA, A. T. A multicriteria decision model for collaborative partnerships in supplier strategic management. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 15, n. 03, p. 101-131, 2016.

HAMILTON, N.D., 2010. **America's new agrarians: policy opportunities and legal innovations to support new farmers**. Fordham Environ. Law Rev. 22, 523.

HAN, F. et al. Rotation of planting strips and reduction in nitrogen fertilizer application can reduce nitrogen loss and optimize its balance in maize-peanut intercropping. **European Journal of Agronomy**, v. 143, p. 126707, 2023.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introduction to Operations Research**. New York: McGraw-Hill, Inc. 9th edition, 2013.

HUAN, Meili et al. The Effects of Agricultural Socialized Services on Sustainable Agricultural Practice Adoption among Smallholder Farmers in China. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2198, 2022.

HUANG, J. *et al.* Exploration of feasible rice-based crop rotation systems to coordinate productivity, resource use efficiency and carbon footprint in central China, **European Journal of Agronomy**, v. 141, Nov. 2022.

HUANG, X. et al. Mitigating environmental impacts of milk production via integrated maize silage planting and dairy cow breeding system: a case study in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 309, p. 127343, 2021.

HUNT, N. D.; HILL, J. D.; LIEBMAN, M. Reducing Freshwater Toxicity while Maintaining Weed Control, Profits, And Productivity: Effects of Increased Crop Rotation Diversity and Reduced Herbicide Usage, **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 3, p. 1707-1717, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04086>

HUNTER, M. C. et al. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. **Bioscience**, v. 67, n. 4, p. 386-391, 2017.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>. Acesso em: 15 ago. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Integração pecuária-lavoura: avanços e principais desafios**. Brasília, 2022, 14 p.

ISAIAS, F. B. **A SUSTENTABILIDADE DA ÁGUA**: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

JOHN, D. A.; BABU, G. R. Lessons From the Aftermaths of Green Revolution on Food System and Health, **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Bangalore, v. 5, fev. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.644559>

JOUZI, Z. *et al.* Organic Farming and Small-Scale Farmers: Main Opportunities and Challenges, **Ecological Economics**, v. 132, p. 144-154, Fev. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.016>

KANG, T. H. A.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A.T. Flexible and interactive tradeoff elicitation for multicriteria sorting problems. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 37, n. 05, p. 2050020, 2020.

KARAMI, V., et al. Adaptation to climate change through agricultural paradigm shift. **Environ Dev Sustain**, v. 23, p. 5465–5485, jun. 2021. <https://doi.org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10668-020-00825-8>

KARIMI, V., KARAMI, E., KARAMI, S. *et ai.* Adaptação às mudanças climáticas através da mudança de paradigma agrícola. **Environ Dev Sustain** 23 , 5465–5485 (2021).

KEENEY, R. L. **Creativity in decision making with value-focused thinking**, *Sloan Management Review*, v. 35, n. 4, p. 33-41, Jan. 1994.

KEENEY, R. L. Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives, *European Journal of Operational Research*, v. 92, n. 3, p. 537-549, Ago. 1996.

KHWIDZHILI R.H., WORTH S. Evaluation of policies promoting sustainable agriculture in South Africa. *South African Journal of Agricultural Extension*, v. 45, n. 2, p. 73-85, 2017.

KHWIDZHILI R.H., WORTH S. Romotion of sustainable agriculture by Mpumalanga Agricultural extension services: perspective of public extension practitioners. *South African Journal of Agricultural Extension*, v. 48, n. 1, p. 1-16, 2020.

KHWIDZHILI, R. H.; WORTH, S. Evaluation of South Africa's public agricultural extension in the context of sustainable agriculture. *South African Journal of Agricultural Extension* , v. 47, n. 1, pág. 20-35, 2019.

KHWIDZHILI, R. H.; WORTH, S. H. The sustainable agriculture imperative: implications for South African agricultural extension. *South African Journal of Agricultural Extension* , v. 44, n. 2, pág. 19-29, 2016.

KISSINGER, G.; HEROLD, M.; DE SY, V. **Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers**. Disponível online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65505/6316-drivers-deforestation-report.pdf. Acesso em: 21 out. 2022.

KIZIELEWICZ, B.; WĄTRÓBSKI, J.; SAŁABUN, W. **Identification of relevant criteria established in the MCDA process—wind farm location case study**. *Energias* 2020, 13, 6548. <https://doi.org/10.3390/en13246548>

KRUCHELSKI, S. et al. Growth and productivity of *Eucalyptus benthamii* in integrated crop–livestock systems in southern Brazil. *Agroforestry Systems*, v. 97, n. 1, p. 45-57, 2023.

KUYAH, S. *et al.* Agroforestry delivers a win-win solution for ecosystem services in sub-Saharan Africa. A meta-analysis, *Agron. Sustain. Dev.*, v. 39, n. 47, Set. 2019. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0589-8>

LAURETT, R.; PAÇO, A.; MAINARDES, E. W. Measuring sustainable development, its antecedents, barriers and consequences in agriculture: An exploratory factor analysis, *Environmental Development*, v. 37, mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100583>

LAWRENCE, T. J. et al. Spatial changes to climatic suitability and availability of agropastoral farming systems across Kenya (1980–2020). *Outlook on Agriculture*, p. 00307270231176577, 2023.

LI, Y. et al. Crop rotation to diversify the soil microbiome in the semi-arid area of Inner Mongolia, China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 69, n. 7, p. 1161-1176, 2023.

LI, Z. et al. Responses of soil greenhouse gas emissions to no-tillage: A global meta-analysis. **Sustainable Production and Consumption**, v. 36, p. 479-492, 2023.

LIU, X. et al. Maize/soybean intercrop over time has higher yield stability relative to matched monoculture under different nitrogen-application rates. **Field Crops Research**, v. 301, p. 109015, 2023.

LOHN, D. G. **Horta doméstica modular para cultivo aeropônico**. 129 p. (Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Design) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LOURENÇANO, L. S.; CAVICHIOLI, F. A. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: uma alternativa ao monocultivo, **Interface tecnológica**, v. 6, n. 2, p. 214–225, Dez. 2019. DOI: 10.31510/inf.v16i2.666.

LUGOBONI, L. F. *et al.* IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE PARA AS EMPRESAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA: utilização de relatório de sustentabilidade com base no global reporting initiative. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 4-25, dez. 2015.

M.A. Miranda-Ackerman *et al.* **Extending the scope of eco-labelling in the food industry to drive change beyond sustainable agriculture practices**. J. Environ. Manag. (2017).

MA, W.; WANG, X. Internet use, sustainable agricultural practices and rural incomes: evidence from China. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 64, n. 4, p. 1087-1112, 2020.

MACIEL, M. D. A. **Desenvolvimento sustentável e as práticas inovadoras da agricultura familiar: o caso de santana do livramento/RS**. 272 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2022.

MAKATE, M. *et al.* The Impact of Innovation on the Performance of Small-to-Medium Informal Metal-Trade Enterprises in Zimbabwe. **Cogent Business & Management**, 6, p. 858-868, 2019.

MANGUEIRA, R. S. **Queimadas na amazônia 2020: um estudo sobre as causas e consequências em longo prazo**. 28 p. (Trabalho de conclusão de curso - Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal da Paraíba, Itaporanga, 2021.

MARQUES, A. C.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.. Multicriteria decision support for project portfolio selection with the FITradeoff method. **Omega**, v. 111, p. 102661, 2022.

Mart, M. Pesticidas, **Uma História de Amor. No abraço duradouro de produtos químicos perigosos**; University of Kansas Press: Laurence, KS, EUA, 2015.

MATTA, C. R. **Sustentabilidade ou sustentabilidades? a conceituação do termo pelos pesquisadores em educação ambiental**. 102 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

MONTEIRO, A. R. **Experiências e perspectivas no uso de frutíferas em sistemas integrados de produção: revisão**. 45 p. (Monografia - Programa de Pós-Graduação Lato Sensu: Especialização em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Iporá, 2020.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: UFSC, 2001.

MORAIS, D. C. et al. Using value-focused thinking in Brazil. **Operational Research**, v. 33, p. 73-88, 2013.

MOREIRA, D.A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro, Cengage Learning, 2010.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba**. João Pessoa, PB: Editora Universitária / UFPB, 1997, 332 p.

MOUROUZIDOU, S. et al. Introducing the Power of Plant Growth Promoting Microorganisms in Soilless Systems: A Promising Alternative for Sustainable Agriculture. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 5959, 2023.

MÜLLER, R.; PEMSEL, S.; SHAO, J. Organizational enablers for governance and governmentality of projects: A literature review. **International Journal of Project Management**, 32: 1309–1320, 2014.

NASCIMENTO, F. P.; SOUSA, F. L. L. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC**. Brasília Df: Thesaurus Editora, 2016.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Sistema Universidade Aberta do Brasil, 2008. 190 p. Disponível em: <http://old.agracadaquimica.com.br/quimica/arealegal/outros/205.pdf>. Acesso em: 09 out. 2022.

NIEWOLNY, K., LILLARD, P., 2010. **Expanding the boundaries of beginning farmer training and program development: a review of contemporary initiatives to cultivate a new generation of American farmers**. J. Agric., Food Sys. Commun. Dev. 1 (1), 65–88.

NOGUEIRA, J. S.. **Modelo multicritério para estratégia de plantio sustentável em propriedades rurais**. 2022. 56 f. Monografia (Graduação) - Curso Superior de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2022.

NTAKIRUTIMANA, L.; *et al.* Green Manure Planting Incentive Measures of Local Authorities and Farmers Perceptions of the Utilization of Rotation Fallow for Sustainable Agriculture in Guangxi, China. **Sustainability**, v. 11, n. 2723, mai. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11102723>

OLIVEIRA, J. C. B.; FRANCO JÚNIOR, K. S.; BRIGANTE, G. P. **Diagnóstico sobre o uso de plantas de cobertura e manejo de plantas daninhas. Extensão rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. Guarujá: Editora Científica Digital, 28 Jan. 2021, v. 1, n. 16, p. 213-226.

OLIVEIRA, R. J. **Cultivo de gladiolo em sistema de plantio direto orgânico**. 36 p. (Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU), 2006. **Millennium Development Goals**. Disponível em: <http://www.un.org/millenniumgoals>. Acesso em: 11 ago. 2023.

PACHECO, B. R. O. **Classificação vegetal e caracterização físico-química de beterrabas oriundas de sistema de plantio direto de hortaliças sob diferentes densidades de palhada de milho**. 33 p. (Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2019.

PADILHA, P. O.; LIMA, A. G.; PORTELLA, E. **Importância do manejo da pastagem na integração lavoura pecuária**. In: Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs, 10, Anais do 10º SIEPEX, Rio Grande do Sul, 2021.

PADOVAN, M. P. *et al.* **Impactos socioeconômicos e ambientais do cultivo de adubos verdes antecedendo à cultura do milho sob manejo em bases agroecológicas**. In: Seminário Internacional de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável, 2, Foz do Iguaçu: 2019, 22 p.

PARADOWSKI, B.; SHEKHOVTSOV, A.; BĄCZKIEWICZ, A.; KIZIELEWICZ, B.; SAŁABUN, W. Similarity Analysis of Methods for Objective Determination of Weights in Multi-Criteria Decision Support Systems. **Symmetry** 2021, *13*, 1874. <https://doi.org/10.3390/sym13101874>

PAREKH, J. *et al.* Disintermediation in medical tourism through blockchain technology: an analysis using value-focused thinking approach, **Inf. Technol. Tourism.**, v. 23, p. 69–96, Mai. 2020. <https://doi.org/10.1007/s40558-020-00180-4>

PENG, W. *et al.* Comparing the importance of farming resource endowments and agricultural livelihood diversification for agricultural sustainability from the perspective of the food–energy–water nexus. **Journal of Cleaner Production**, v. 380, p. 135193, 2022.

PESSOA, M. E. B. T.; ROSELLI, L. R. P.; ALMEIDA, A.T. Using the FITradeoff Decision Support System to Support a Brazilian Compliance Organization Program. **Information Systems Frontiers**, p. 1-16, 2022.

PIDD, M. **Tools for thinking – Modelling in management science**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2003.

POKHAREL, S. S. *et al.* Intercropping Cover Crops for a Vital Ecosystem Service: A Review of the Biocontrol of Insect Pests in Tea Agroecosystems. **Plants**, v. 12, n. 12, p. 2361, 2023.

POLETO, T. *et al.* Integrating value-focused thinking and FITradeoff to support information technology outsourcing decisions. **Management Decision**, v. 58, n. 11, p. 2279-2304, 2020.

PORTUGAL, T. B. *et al.* Methane emissions and growth performance of beef cattle grazing multi-species swards in different pesticide-free integrated crop-livestock systems in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 414, p. 137536, 2023.

PRATT, R. C. et al. Fall-sown small grain cover crops for weed suppression and soil moisture management in an irrigated organic agroecosystem. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 38, p. e1, 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RABANG, I. "Hydroponic Methods: Exploring Alternatives for Water Conservation In Farming", *Bold Business Publication*, agosto de 2019, [online] Disponível: <https://www.boldbusiness.com/infrastructure/hydroponicmethods-water-conservation/>.

RASEDUZZAMAN, M. D.; JENSEN, E. S. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis, **European Journal of Agronomy**, v. 91, p. 25-33, nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009>

REGAN, John T. et al. Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. **European journal of agronomy**, v. 82, p. 342-356, 2017.

REIS A.T. L.; LAY, M. C. D. **O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, 2010.

REN, J.; LI, F.; YIN, C. Orchard grass safeguards sustainable development of fruit industry in China, **Journal of Cleaner Production**, v. 382, Jan. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135291>

ROBINSON, G. M. Globalization of agriculture, **Annual Review of Resource Economics**, Adelaide, v. 10, p. 133-160, out. 2018. <https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-resource-100517-023303>

ROBSON, G. M. **Globalization of Agriculture**. Annual Review of Resource Economics, Austrália: v. 10, p 133-160, 2018.

ROCKSTROM, J. *et al.* Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability, **Ambio**, v. 46, p. 4–17, fev. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>

RODRIGUES, C. *et al.* Combining crop diversification practices can benefit cereal production in temperate climates, **Agron. Sustain. Dev.** v. 41, n. 48, Jun. 2021. <https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13593-021-00703-1>

RODRIGUES, D. O. F. **Otimização e Sustentabilidade de Agroecossistemas**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

RODRÍGUEZ, J. M. M. et al. Outsourcing laboratory services from a colombian agricultural research company using the FITradeoff method under multiple stakeholders analysis. **Operational Research**, v. 43, p. e258518, 2023.

ROEST K, FERRARI P, KNICKEL K. 2017. **Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways.** *J. Rural Stud.* 59:222–31

ROUGE, A. et al. Carry-over effects of cover crops on weeds and crop productivity in no-till systems. **Field Crops Research**, v. 295, p. 108899, 2023.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding.** Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1996.

RUSSO, I. F. D. **O Impacte da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental: uma agricultura sustentável.** 72 p. (Dissertação - Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação) - Universidade de Lisboa, Iseg, 2020.

SALOMÃO, P. E. A. *et al.* The Importance of Straw No-Tillage System for Soil Restructuring and Organic Matter Restoration. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, Jan. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1870.

SAMPAIO, R. S. R. **Direito Ambiental: doutrina e casos práticos.** Rio de Janeiro: Elsevier : FGV, 2011. p. 167-168.

SANTOS, J. M. S. *et al.* Índices fisiológicos de girassol em consórcio com forrageiras no Sistema Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Concilium**, v. 22, n. 2, p. 441-459, Fev. 2022. <https://doi.org/10.53660/CLM-155-170>

SANTOS, J. R. **Integração lavoura-pecuária: uma alternativa sustentável para a agropecuária brasileira.** 27 p. (Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2019.

SCHULTZ, N. *et al.* Produção de couve - flor em sistema plantio direto e convencional com aveia preta como planta de cobertura do solo, **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 30107-30122, Mai. 2020. DOI:10.34117/bjdv6n5-461

SELA SALDINGER, S. et al. Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions. **Horticulturae**, v. 9, n. 1, p. 51, 2023.

SHEN, Y. *et al.* Greenhouse gas emissions from soil under maize–soybean intercrop in the North China Plain, **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 110, p. 451-465, jan. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9908-8>

SILVA, C. L.; MENDES, J. T. G. **Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar.** Editora Vozes. Petrópolis, 2005.

SILVA, J.A. **Direito ambiental constitucional.** 2.ed. São Paulo: Malheiros, 1995. 243p.

SILVA, M. M.M. *et al.* **The integration of VFT and FITradeoff multicriteria method for the selection of WCM projects,** *In:* IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), Bari, Itália, 2019, p. 1513-1517, doi : 10.1109/SMC.2019.8914452.

SMITH, R.; WARREN, N.; CORDEAU, S. Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures?, **Weed Science**, v. 68, n. 2, p. 186-194, Jan. 2020. doi:10.1017/wsc.2020.12

SOULÉ, E. et al. A new method to assess sustainability of agricultural systems by integrating ecosystem services and environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, p. 137784, 2023.

SOUSA, D. S. et al. **Determinação de indicadores de sustentabilidade da bananicultura no Brejo Paraibano**. 2018.

SOUSA, M. P. *et al.* Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 10, p. 53-63, Out. 2022.

SOUZA, A. B. **A DIMENSÃO ÉTICA DA SUSTENTABILIDADE**. 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

SOUZA, V. et al. Economic feasibility of adopting a hydroponics system on substrate in small rural properties. **Clean Technologies and Environmental Policy**, p. 1-15, 2023.

SPORTELLI, M. et al. Testing of Roller-Crimper-and-Undercutting-Blade-Equipped Prototype for Plants Termination. **AgriEngineering**, v. 5, n. 1, p. 182-192, 2023.

STYBAYEV, G. et al. Spring-Planted Cover Crop Impact on Weed Suppression, Productivity, and Feed Quality of Forage Crops in Northern Kazakhstan. **Agronomy**, v. 13, n. 5, p. 1278, 2023.

SUN, T. *et al.* Crop diversification practice faces a tradeoff between increasing productivity and reducing carbon footprints, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 321, nov. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107614>

SUPRAJA, K.V.; BEHERA, B.; BALASUBRAMANIAN, P. Performance evaluation of hydroponic system for co-cultivation of microalgae and tomato plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 272, p. 122823, 2020.

TAL, A. **Making Conventional Agriculture Environmentally Friendly: Moving beyond the Glorification of Organic Agriculture and the Demonization of Conventional Agriculture**. Sustainability, Suíça: v.14, abr 2018.

TAN, F.; LU, Z. **Assessing regional sustainable development through an integration of nonlinear principal component analysis and Gram Schmidt orthogonalization**. Ecological Indicators, v. 63, p. 71-81, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.11.018>. Acesso em 08 out. 2022.

TANG, W. *et al.* Effects of Living Grass Mulch on Soil Properties and Assessment of Soil Quality in Chinese Apple Orchards: A Meta-Analysis, **Agronomy**, v. 12, n. 8, Ago. 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081974>

Thompson PB. 2017. **The Spirit of the Soil: Agriculture and Environmental Ethics**. New York/London: Routledge. 2nd ed.

TIAN, Meng et al. Does no-tillage mitigate the negative effects of harvest compaction on soil pore characteristics in Northeast China?. **Soil and Tillage Research**, v. 233, p. 105787, 2023.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207-222, Set. 2003.

VALADÃO JUNIOR, M. V.; MALAQUIAS, R. F.; SOUSA, E. G. (2008). Controladoria Como Uma Opção À Sustentabilidade Econômica Nas Organizações De Terceiro Setor: o caso de uma associação. **Revista Contemporânea De Contabilidade**, 1(9), p. 131-151.

VAN RAAMSDONK, L. W. D. et al. New approaches for safe use of food by-products and biowaste in the feed production chain. **Journal of Cleaner Production**, p. 135954, 2023.

VIEIRA, T. P. P. **Os benefícios dos sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF)**. 14 p. (Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Medicina Veterinária) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, 2019.

VILELA, G. S. *et al.* Uso de coberturas inorgânicas permeáveis no controle de plantas daninhas e na produção de alface. **Natureza Online**, Ago. 2021.

VINCKE, P. **Multicriteria Decision-aid**. Bruxelles, João Wiley & Sons, 1992.

WANG, C. et al. Responses of photosynthetic characteristics and dry matter formation in waxy sorghum to row ratio configurations in waxy sorghum-soybean intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 263, p. 108077, 2021.

WANG, C. et al. Impact of intercropping grass on the soil rhizosphere microbial community and soil ecosystem function in a walnut orchard. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1137590, 2023.

WANG, F.; YOSHIDA, H.; MATSUOKA, M. Making the ‘Green Revolution’ Truly Green: Improving Crop Nitrogen Use Efficiency, **Plant and Cell Physiology**, v. 62, n. 6, p. 942–947, jun. 2021. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcab051>.

WANG, L., *et al.* “Decoupling” land productivity and greenhouse gas footprints: a review, **Soil Degradation and Development**, Set. 2018. doi:10.1002/ldr.3172

WIKIWAND. **Lista de mesorregiões e microrregiões da Paraíba**. Disponível em: https://www.wikiwand.com/pt/Lista_de_mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_da_Para%C3%ADba. Acesso em: 16 ago. 2023.

XIANG, Y. *et al.* Factors shaping soil organic carbon stocks in grass covered orchards across China: A meta-analysis, **Science of The Total Environment**, v. 807, Fev. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150632>

XIANG, Yangzhou et al. Grass cover increases soil microbial abundance and diversity and extracellular enzyme activities in orchards: A synthesis across China. **Applied Soil Ecology**, v. 182, p. 104720, 2023.

XIAO, L. *et al.* Effects of grass cultivation on soil arbuscular mycorrhizal fungi community in a tangerine orchard, **Rhizosphere**, v. 24, Dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100583>

YANG, J. *et al.* Connecting soil dissolved organic matter to soil bacterial community structure in a long-term grass-mulching apple orchard, **Industrial Crops and Products**, v. 149, Jul. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112344>

YANG, Qi et al. Land tenure stability and adoption intensity of sustainable agricultural practices in banana production in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 338, p. 130553, 2022.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZADINELLO, A. L. *et al.* Práticas de promoção de saúde como agente contra a poluição atmosférica: uma revisão integrativa, **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v.4, n.4, p.17820-17831, Jul. 2021. DOI:10.34119/bjhrv4n4-261

ZAPATA, J. E. M. La revolución verde como revolución tecnocientífica: artificialización de las prácticas agrícolas y sus implicaciones. **Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia**, Bogotá, v.21, n.42, p.175-204, mai. 2021.

ZAPUCIOIU, L. F.; TURCEA, V. C.; TARHINI, M. Climate Change, Food Security and Agriculture, a term-based correlation analysis, **Proceedings of the International Conference on Business Excellence**, v.16, n.1, p.478-494, 2022. <https://doi.org/10.2478/picbe-2022-0047>

ZEN, H. D. **Hidroponia no brasil: inovação tecnológica na produção e mercado de hortaliças**. 108 p. (Dissertação - Programa de Pós Graduação em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

ZHANG, C. et al. Rebuilding the linkage between livestock and cropland to mitigate agricultural pollution in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 144, p. 65-73, 2019.

ZOU, X. et al. Rotational strip intercropping of maize and peanut enhances productivity by improving crop photosynthetic production and optimizing soil nutrients and bacterial communities. **Field Crops Research**, v. 291, p. 108770, 2023.