



Universidade de Brasília (UnB)

Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS – UnB)

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

Mestrado em Desenvolvimento Sustentável

**ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DE
SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DE
REFORMA AGRÁRIA DA BACIA DO DESCOBERTO - DF**

JOSÉ ROCHA GROSSI

Dissertação de Mestrado

BRASÍLIA - DF

2024

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CDS – UnB)
PROGRAMA DE PÓS=GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DE
SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DE
REFORMA AGRÁRIA DA BACIA DO DESCOBERTO - DF**

JOSÉ ROCHA GROSSI

Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada
ao Programa de Pós-Graduação, do Centro de
Desenvolvimento Sustentável da Universidade de
Brasília (UnB) como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento
Sustentável.

Orientadora: Prof. Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet
Co-Orientador: Prof. Dr. João Paulo Guimarães Soares

Brasília - DF

2024

RG878a

Rocha Grossi, José

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DE
SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DE REFORMA
AGRÁRIA

DA BACIA DO DESCOBERTO - DF / José Rocha Grossi; orientador Laura
Ferreira; co-orientador João Soares. -- Brasília, 2024.

101 p.

Dissertação(Mestrado Acadêmico em Desenvolvimento Sustentável) --
Universidade de Brasília, 2024.

1. Análise de impacto ambiental . 2. Sistemas Agroflorestais . 3.
Agroecologia . 4. Desenvolvimento rural sustentável . 5. Sustentabilidade . I.
Ferreira, Laura, orient. II. Soares, João, co-orient. III. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

José Rocha Grossi

JOSÉ ROCHA GROSSI

**ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS DE
SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS ASSENTAMENTOS DE
REFORMA AGRÁRIA DA BACIA DO DESCOBERTO - DF**

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável.

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet, Centro de Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília (Orientadora)

Prof. Dr. João Paulo Guimarães Soares, PROPAGA = Universidade de Brasília (Coorientador)

Prof. Dra. Cristiane Gomes Barreto, Centro de Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília (Interno)

Prof. Dr. Luis Mauro Santos Silva – Universidade Federal do Pará (Externo)

Brasília,
2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria, em primeiro lugar, de expressar minha sincera gratidão às famílias de agricultores que tão calorosamente me receberam em suas casas e se dispuseram a compartilhar suas histórias e conhecimentos por meio das entrevistas. Sem a generosidade e a colaboração de cada uma delas, esta dissertação não teria sido possível.

Agradeço, de coração, à minha família e aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante essa etapa tão significativa da minha vida, oferecendo apoio, incentivo e força nos momentos mais desafiadores.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Laura Ferreira, e ao meu coorientador, João Paulo Soares, pelo suporte, orientação e dedicação ao longo de todo esse processo. Suas contribuições foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Reconheço também a importância dos povos e comunidades tradicionais, que serviram como fonte de inspiração e conhecimento. Um dia, a academia compreenderá plenamente o valor e a riqueza desses saberes.

Agradeço a mim mesmo pela perseverança, dedicação e resiliência que me permitiram concluir este trabalho com sucesso, mesmo diante de desafios, suor e lágrimas.

Por fim, rendo minha homenagem a todas as mestras e mestres que tive ao longo da vida, cujos ensinamentos e exemplos continuam a me inspirar e a guiar meu caminho para o futuro.

RESUMO

Com o passar dos anos, as temáticas sobre agroecologia como uma forma de produção de alimentos que seja menos agressiva ao meio ambiente, capaz de conciliar a estabilização econômica das famílias de agricultores e a melhora das condições sociais, têm ganhado cada vez mais espaço na prática, no conhecimento e como forma de bandeira social por condições sociais mais justas. Os sistemas agroflorestais possuem local de destaque como uma prática agroecológica. Desta forma, a presente dissertação busca avaliar os impactos ambientais antes e depois da implementação de sistemas agroflorestais implantados em áreas de agricultores familiares dos assentamentos de reforma agrária da região da bacia do Rio Descoberto, Brazlândia-DF. Utilizando de uma pesquisa com abordagem qualitativa, a orientação metodológica desta dissertação, em um primeiro momento, foi direcionada para a realização de uma revisão sistemática da literatura com foco central no desenvolvimento de sistemas agroflorestais, com o “Methodi Ordinatio”. Também foi realizada um estudo de caso com os assentamentos da bacia do Rio Descoberto no Distrito Federal, utilizando a metodologia de análise de impacto ambiental AMBITEC-rural. Os artigos da revisão de literatura foram trabalhados nas bases científicas: Scopus, Web of Science (WoS) e a plataforma CAFé da CAPES. Os dados trabalhados na metodologia AMBITEC foram coletados por meio de entrevista semiestruturada com famílias de agricultores beneficiários do projeto “Comunidades Agroflorestais: plantando água e tecendo vidas”. A partir do estudo realizado, foi possível fazer uma revisão sistemática da literatura, de forma a compreender como está o estado da arte sobre o impacto ambiental e a análise de sustentabilidade acerca dos sistemas agroflorestais, assim como o estudo de caso foi capaz de relacionar os resultados da literatura com a realidade das famílias, de forma a buscar um desenvolvimento rural sustentável nos territórios de reforma agrária. Os territórios destinados a reforma agrária estavam em processo de degradação devido as práticas do manejo convencional, onde em um momento prévio a adoção da tecnologia, os indicadores apresentavam valores negativos. A adoção dos sistemas agroflorestais e da opção pelo manejo agroecológico pode proporcionar, mesmo que em diferentes níveis, uma melhora na vida dos agricultores, conforme indicado pelo Percentual de Impacto da Tecnologia (PIT) de valores positivos (média de 14). Os impactos positivos podem ser observados nas esferas ambientais, sociais e econômica, com a melhora nos aspectos biofísicos, aumento da soberania alimentar e segurança nutricional, assim como, aumento na renda de todos os entrevistados. Embora existam diversos impactos positivos, foi possível perceber impactos negativos também, como a questão do aumento no consumo de água e aumento nas emissões dos gases de efeito estufa. Tendo isso em vista, o SAF se torna uma estratégia de plantio capaz de aumentar a produtividade dos agroecossistemas, diminuindo sua dependência de insumos externos e consequentemente aumentando sua autonomia.

Palavras-chave: Análise de impacto ambiental, Sistemas Agroflorestais, AMBITEC, Methodi Ordinatio, Manejo agroecológico, Desenvolvimento Sustentável

ABSTRACT

Over the years, the themes surrounding agroecology as a form of food production that is less harmful to the environment, capable of reconciling the economic stabilization of farming families and improving social conditions, have gained increasing prominence in practice, knowledge, and as a social banner for more just social conditions. Agroforestry systems hold a prominent place as an agroecological practice. Thus, this dissertation seeks to evaluate the environmental impacts before and after the implementation of agroforestry systems in areas of family farmers in the agrarian reform settlements of the Rio Descoberto basin, Brazlândia-DF. Using a qualitative research approach, the methodological guidance of this dissertation was initially directed towards conducting a systematic literature review focused on the development of agroforestry systems, using the "Methodi Ordinatio." A case study was also conducted with the settlements of the Rio Descoberto basin in the Federal District, using the AMBITEC-rural environmental impact analysis methodology. The literature review articles were sourced from the scientific databases: Scopus, Web of Science (WoS), and the CAPES CAFe platform. The data used in the AMBITEC methodology were collected through semi-structured interviews with families of farmers benefiting from the project "Agroforestry Communities: planting water and weaving lives." From the study conducted, it was possible to carry out a systematic literature review to understand the state of the art regarding the environmental impact and sustainability analysis of agroforestry systems, as well as the case study, which was able to relate the literature results with the reality of the families, aiming to achieve sustainable rural development in agrarian reform territories. The territories designated for agrarian reform were in a process of degradation due to conventional management practices, where, prior to the adoption of the technology, the indicators showed negative values. The adoption of agroforestry systems and the choice for agroecological management can provide, even at different levels, an improvement in the lives of farmers, as indicated by the positive values of the Technology Impact Percentage (TIP) (average of 14). Positive impacts can be observed in the environmental, social, and economic spheres, with improvements in biophysical aspects, increased food sovereignty and nutritional security, as well as increased income for all interviewees. Although there are various positive impacts, negative impacts were also noted, such as increased water consumption and increased greenhouse gas emissions. In light of this, agroforestry systems (SAF) become a planting strategy capable of increasing the productivity of agroecosystems, reducing their dependence on external inputs, and consequently increasing their autonomy.

Key words: Environmental impact assessment; Agroforestry systems; AMBITEC; Methodi Ordinatio; Agroecological management; Sustainable development

RESUMEN

A lo largo de los años, los temas relacionados con la agroecología como una forma de producción de alimentos menos agresiva con el medio ambiente, capaz de conciliar la estabilización económica de las familias agricultoras y la mejora de las condiciones sociales, han ganado cada vez más espacio en la práctica, en el conocimiento y como una bandera social por condiciones sociales más justas. Los sistemas agroforestales ocupan un lugar destacado como una práctica agroecológica. De esta forma, la presente disertación busca evaluar los impactos ambientales antes y después de la implementación de sistemas agroforestales en áreas de agricultores familiares de los asentamientos de reforma agraria de la cuenca del Río Descoberto, Brazlândia-DF. Utilizando un enfoque de investigación cualitativo, la orientación metodológica de esta disertación se dirigió inicialmente a la realización de una revisión sistemática de la literatura con un enfoque central en el desarrollo de sistemas agroforestales, utilizando el "Methodi Ordinatio". También se realizó un estudio de caso con los asentamientos de la cuenca del Río Descoberto en el Distrito Federal, utilizando la metodología de análisis de impacto ambiental AMBITEC-rural. Los artículos de la revisión de literatura se obtuvieron de las bases científicas: Scopus, Web of Science (WoS) y la plataforma CAFe de CAPES. Los datos utilizados en la metodología AMBITEC se recopilaron mediante entrevistas semiestructuradas con familias de agricultores beneficiarias del proyecto "Comunidades Agroforestales: plantando agua y tejiendo vidas". A partir del estudio realizado, fue posible llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura para comprender el estado del arte en cuanto al impacto ambiental y el análisis de sostenibilidad de los sistemas agroforestales, así como el estudio de caso, que permitió relacionar los resultados de la literatura con la realidad de las familias, con el objetivo de lograr un desarrollo rural sostenible en los territorios de reforma agraria. Los territorios destinados a la reforma agraria estaban en un proceso de degradación debido a las prácticas de manejo convencional, donde, antes de la adopción de la tecnología, los indicadores mostraban valores negativos. La adopción de sistemas agroforestales y la opción por el manejo agroecológico pueden proporcionar, incluso en diferentes niveles, una mejora en la vida de los agricultores, como lo indican los valores positivos del Porcentaje de Impacto de la Tecnología (PIT) (promedio de 14). Los impactos positivos se pueden observar en los ámbitos ambiental, social y económico, con mejoras en los aspectos biofísicos, un aumento en la soberanía alimentaria y la seguridad nutricional, así como un incremento en los ingresos de todos los entrevistados. Aunque existen varios impactos positivos, también se observaron impactos negativos, como el aumento en el consumo de agua y el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero. En vista de esto, los sistemas agroforestales (SAF) se convierten en una estrategia de plantación capaz de aumentar la productividad de los agroecosistemas, reduciendo su dependencia de insumos externos y, en consecuencia, aumentando su autonomía.

Palabras claves: Análisis de impacto ambiental; Sistemas agroforestales; AMBITEC; Methodi Ordinatio; Manejo agroecológico; Desarrollo sostenible

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos assentamentos.....	38
Figura 2 - Diagrama de aspectos, indicadores e variáveis para a avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais via sistema Ambitec	44
Figura 3 - Visualização do mapa de co-ocorrência de palavras-chave dos artigos	55
Figura 4 - Modelo de plantio onde a produção de hortaliças se encontra em um local diferente do Sistema agroflorestal	66
Figura 5 - Modelo de plantio onde a produção de hortaliças se encontra na entrelinha do Sistema agroflorestal.....	67
Figura 6 - Análise de cluster dos produtores familiares.....	90
Figura 7 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC para o Indicador de "Conservação da biodiversidade e recuperação ambiental.....	104
Figura 8 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC	104
Figura 9 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC	105
Figura 10 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais da implementação de sistemas agroflorestais em unidades da agricultura familiar localizados em territórios de reforma agrária, no momento <i>ex ante</i>	71
Tabela 2 - Coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais da implementação de sistemas agroflorestais em unidades da agricultura familiar localizados em territórios de reforma agrária, no momento <i>ex post</i>	76
Tabela 3 - Valores de diferenciadação dos coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais entre o momento prévio e o momento póstumo da implementação dos sistemas agroflorestais nos territórios de agricultura familiar estimados pelo sistema Ambitec-Agro.	81
Tabela 4 - Desempenho do Percentual de Impacto da Tecnologia	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das publicações ao longo dos anos 47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura metodológica da dissertação relacionando os objetivos com a metodologia	23
Quadro 2 - Resultado do protocolo de classificação do Methodi Ordinatio e classificação dos artigos selecionados	48
Quadro 3 - Organização e sistematização dos artigos escolhidos e seus objetivos.....	52
Quadro 4 - Matriz de classificação dos produtores e caracterização das atividades realizadas nos assentamentos da Bacia do Descoberto – DF.....	63
Quadro 5 - Relação dos principais problemas enfrentados de acordo com as entrevistas realizadas ..	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA – Avaliação de impactos ambientais

AF – Agricultura Familiar

AM – Amplitude Máxima da escala AMBITEC

AMBITEC - Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias

APA - Área de Proteção Ambiental

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CI – Número de citações

CIRAT - Centro Internacional de Água e Transdisciplinaridade

CSA – Comunidade que Sustenta a Agricultura

DF – Distrito Federal

FBB – Fundação Banco do Brasil

FI – Fator de impacto

GEE – Gases de Efeito Estufa

I.O. – In Ordinatio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ILPF - Integração Lavoura Pecuária Floresta

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

Ha – Hectares

LCA – Life Cycle Analysis

M.O. – Methodi Ordinatio

MST – Movimento dos Trabalhadores sem Terra

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PAA – Programa de Aquisição de Alimentos

PAIS – Produção Agroecológica Integrada

PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar

PIT – Percentual de impacto da Tecnologia

PREVFOGO - Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais

SAF – Sistema Agroflorestal

SEG – Sistema Embrapa de Gestão

RA – Região Administrativa

RSL – Revisão sistemática da Literatura

VOS – Visualization of Similarities

WoS – Web of Science

WWF - World Wide Fund for Nature

μ_{2i} : Índice de impacto depois da introdução da tecnologia, referente ao indivíduo i;

μ_{1i} : Índice de impacto antes da introdução da tecnologia, referente ao indivíduo i;

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
RESUMEN.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE QUADROS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
1. INTRODUÇÃO	18
2. Formulação do problema:.....	20
3. OBJETIVOS:.....	22
3.1. Objetivo Geral:.....	22
3.2. Objetivos específicos:	22
4. ESTRUTURA DE PESQUISA	22
5. REVISÃO DE LITERATURA	24
5.1. Da Revolução Verde à Agroecologia: suas transformações ao longo dos anos	24
5.2. Manejo agroecológico do solo.....	27
5.3. Os sistemas agroflorestais como forma de plantio com impacto positivo	29
5.4. As análises de impacto ambiental e a agricultura familiar	31
6. METODOLOGIA.....	34

6.1.	Caracterização da área de estudo	37
6.2.	Projeto “Comunidades Agroflorestais”	40
6.3.	Methodi Ordinatio	34
6.3.1.	Software Vosviewer	37
6.4.	Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias - Ambitec-Agro	41
6.4.1.	Avaliação de Impactos Ambientais e Socioeconômicos	42
6.4.2.	Impacto das Tecnologias:	45
6.5.	Análises estatísticas	45
7.	RESULTADOS	46
7.1.	Revisão sistemática da Literatura	46
7.1.1.	Mapa de Palavras-chave	54
7.1.2.	Compilado das informações:	56
7.1.3.	Aspectos relacionados ao Manejo:	56
7.1.4.	Análises econômicas:	58
7.1.5.	Avaliações sociais	59
7.1.6.	Aspectos ambientais	59
7.2.	Resultados AMBITEC	62
7.2.1.	Caracterização e organização dos produtores	62
7.2.2.	Principais problemas enfrentados:	68
7.2.3.	Resultados Ambitec – Antes dos SAFs (<i>ex ante</i>)	71
7.2.4.	Resultados AMBITEC – Situação após os SAFs (<i>ex post</i>)	76
7.2.5.	Resultados AMBITEC – Diferença entre os dois momentos	81
7.2.6.	Percentual de Impacto da Tecnologia (PIT)	88
7.2.7.	Análise de <i>Cluster</i>:	90
8.	DISCUSSÃO	92

9.	CONCLUSÕES.....	94
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
11.	REFERÊNCIAS	98
12.	ANEXO	104

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da agricultura, a evolução das técnicas de cultivo esteve profundamente vinculada ao progresso das sociedades humanas, refletindo as demandas e desafios de cada período histórico. A transição de práticas agrícolas tradicionais para modelos intensivos e mecanizados, promovida globalmente pelos pacotes tecnológicos da Revolução Verde, trouxe avanços expressivos na produtividade, mas também gerou impactos ambientais e sociais evidenciados pela academia e percebidos cada vez mais pelas populações mais socialmente vulneráveis, a população rural. Nesse cenário, os sistemas agroflorestais se destacam como uma abordagem sustentável e integradora. Um modelo de plantio que combina o resgate de práticas ancestrais com inovações modernas para auxiliar na produção de alimentos saudáveis, buscando melhorar a segurança alimentar e nutricional do sistema alimentar como um todo.

Ao integrar espécies agrícolas, florestais e, em alguns casos, animais, esses sistemas promovem a biodiversidade, otimizam o uso de recursos naturais e reduzem a dependência de insumos químicos. Além disso, a adoção de sistemas agroflorestais, acompanhada por ferramentas de avaliação de impacto ambiental, fortalece a agricultura familiar, melhora a segurança nutricional e a soberania alimentar das famílias, e, contribui para o desenvolvimento rural sustentável, consolidando-se como uma alternativa prática e cientificamente fundamentada para os desafios da agricultura contemporânea. (Canuto, 2017; Araújo *et al.*, 2022)

Com o passar dos anos, as temáticas sobre agroecologia como uma forma de produção de alimentos que seja menos agressiva ao meio ambiente, capaz de conciliar a estabilização econômica das famílias de agricultores e a melhora das condições sociais, têm ganhado cada vez mais espaço na prática, no conhecimento e como forma de bandeira social por condições sociais mais justas (Wezel *et al.*, 2009). Onde os sistemas agroflorestais possuem local de destaque como uma prática agroecológica, como salienta Nair (1991), trata-se de “um novo nome para uma antiga prática”, se referindo às práticas de tais sistemas como algo presente na história humana do cultivo de alimentos. Por mais que os SAFs não sejam um ecossistema natural, eles são sistemas de cultivo que buscam incorporar os processos ecológicos e funcionamento dos sistemas naturais para dentro da dinâmica agrícola. (Daniel, 2000)

Os sistemas agroflorestais têm sido indicados como arranjos adequados para superação das dificuldades de transição da agricultura convencional para a agricultura orgânica e/ou agroecológica. Estudos apontam que mesmo diante das dificuldades de implantação, esses sistemas foram avaliados positivamente, contribuindo para fortalecer a agricultura familiar e a cadeia produtiva de alimentos (Abdo, Valeri e Martins, 2008). A produção de alimentos de forma sustentável, a exemplo dos sistemas agroflorestais agroecológicos, podem ser traduzidas em uma menor dependência de insumos externos, resultando em uma maior autonomia, sua eficiencia nutricional e ciclagem de nutrientes permite uma economia dos recursos financeiros e aumento da diversidade promove a segurança nutriocional e soberia alimentar (Armando *et al.*, 2002; Ploeg, 2008).

Os sistemas agroflorestais segundo Bene, Beall e Côté (1977) e Nair *et al.* (2010) são um modelo de plantio que acompanha um manejo e gestão sustentável da terra, no qual busca incluir aspectos relacionados a vegetação natural em conjunto da produção agrícola. Portanto, o objetivo do manejo agroecológico é o de tornar a produtividade mais eficiente e diversa utilizando como princípio alguns processos ecológicos como a estratificação e a ciclagem de nutrientes. As estratégias do manejo vem ao combinar lavouras agrícolas com plantas nativas de diversos estratos, como arbóreo, herbáceo e gramíneas, podendo contar com animais integrados, ou não, de forma simultânea ou sequencial, aplicando práticas de gestão adequadas para as diferentes culturas e para os padrões de alimentação da população local.

Muitas técnicas apontadas como ecológicas na atualidade já apareciam no início da prática da agricultura, como a rotação de culturas, cobertura de solo e plantio biodiverso (Mazoyer e Roudart, 2010). O conhecimento, e principalmente a prática, acerca dos manejos ecológicos para obtenção de alimentos é algo do qual a espécie humana tem domínio, e que não é um conhecimento, necessariamente novo, entretanto o interesse científico e o enfoque político dos sistemas agroflorestais ganharam destaque nos últimos 50/60 anos (Miccolis *et al.* 2016).

As metodologias de análise de impacto ambiental são utilizadas como forma de mensurar as alterações que as atividades produtivas causam nos meios físicos, biológicos e sociais, assim como, quantificar a consequência de adoção de novas formas de manejo, adoção de novas tecnologias e aplicação de insumos em diferentes contextos (Rodrigues *et al.*, 2003; Borba Júnior *et al.* 2015).

Canuto (2017) destaca que existem diversos fatores relacionados a saúde ambiental do qual podem retratar o sucesso do uso de sistemas agroflorestais, demonstrando a importância de se monitorar os processos de restauração através do uso de indicadores multidimensionais, com aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Atualmente, o Brasil conta com mecanismos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) dentro da legislação ambiental como forma de avaliar e monitorar empreendimentos que possam causar um grande impacto ambiental. Tendo em vista os impactos provenientes do modelo convencional de agricultura, o diagnóstico dos impactos das atividades agronômicas é de grande relevância e importância, principalmente alinhada com as práticas que contribuam para o desenvolvimento rural sustentável (Soares e Rodrigues, 2013).

2. Formulação do problema:

A busca por autonomia das famílias do campo, aliada a uma produção livre de venenos, requer estudos que visem formas de promover e manter ao longo do tempo, uma produtividade agrícola estável e diversa, com recursos e insumos que sejam internos à propriedade e de origem orgânica, além de fomentar processos ecológicos no sistema. Nesta perspectiva, Miccolis *et al.* (2016) destacam o esforço científico para desenvolver formas de produção de alimentos que possam gerar uma renda, sejam produtivas, e capazes de reverter o processo de degradação do solo, tendo o ser humano como um agente ativo desta mudança. Para os autores, essas condições podem ser alcançadas por meio da implementação e manejo dos sistemas agroflorestais dos quais são catalisados pelos processos ecológicos.

Para Santos *et al.* (2014), a produção orgânica e/ou de base agroecológica tem-se mostrado promissora na agricultura familiar, e tem sido uma alternativa em relação à agricultura convencional, proporcionando sustentabilidade para as famílias no campo. Isso tem fortalecido a agricultura familiar e contribuído para a permanência das famílias no meio rural.

No entanto, ainda existem vários entraves que merecem atenção e que precisam ser superados. A assistência técnica e a dificuldade de acesso ao crédito são alguns dos

problemas relatados. Portanto, a criação e fortalecimento de políticas públicas voltada para a agricultura familiar é de grande importância para o crescimento desse setor (Farias *et al.*, 2024). Esta indicação se torna ainda mais importante, quando estudos como o de Moreno (2018) destacam que boa parte da população mundial que está em situação de pobreza e vulnerabilidade social se encontram em zonas rurais, portanto, a produtividade agrícola e seu consequente aumento está diretamente relacionada com os índices de insegurança alimentar e de garantia das necessidades básicas para estas populações.

Schuller *et al.* (2022) demonstrou através de uma extensa revisão de literatura acadêmica, que dentro dos biomas brasileiros que abarcam os estudos sobre sistemas agroflorestais, o Cerrado é o que possui o menor número de estabelecimentos, demonstrando assim, uma grande lacuna dentro da literatura e a importância de se realizar estudos em agroecossistemas localizados no bioma. Corroborando com a ideia de produção de conhecimento, Araújo *et al.* (2022) indicam a necessidade da realização de pesquisas relacionadas aos sistemas agroflorestais, como forma de ampliar e consolidar os conhecimentos sobre indicadores de sustentabilidade nos SAFs. Os autores indicam que as metodologias utilizadas variam bastante e que poucas são participativas com inclusão dos agricultores no processo, indicando a necessidade de padronização nas metodologias de pesquisas e de maior envolvimento dos agricultores no processo (Araújo *et al.*, 2022).

Portanto, a escolha da metodologia AMBITEC-Agro como forma de se analisar a sustentabilidade dentro dos agroecossistemas vem a partir da noção que é uma metodologia participativa, de forma a performance dos indicadores ser atribuída a partir da percepção dos entrevistados. Da mesma forma, por ser uma análise multicritério, com 27 indicadores, de forma a auxiliar no processo de ampliar e consolidar o conhecimento acerca dos sistemas agroflorestais, principalmente os que estão localizados em territórios da reforma agrária, o que torna o recorte da pesquisa socialmente relevante.

Neste sentido, o Distrito Federal se apresenta como um lócus de pesquisa interessante, pelas características que reúne: i. está no bioma cerrado; ii. os territórios nos quais os assentamentos de reforma agrária se encontram, possuíam práticas da agricultura convencional, como o plantio em monoculturas e as pastagens no Cerrado; iii. Nos últimos 6 anos houve implantação de sistemas agroflorestais como forma de promover melhores condições de vida para as famílias. A pergunta que orienta a pesquisa é: quais mudanças os

sistemas agroflorestais implantados proporcionaram na vida das famílias e nas condições ecológicas do sistema produtivo familiar?

3. OBJETIVOS:

3.1. Objetivo Geral:

Realizar uma análise de impacto ambiental multicritério sobre a adoção de sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares, situados nos assentamentos de reforma agrária da região da bacia do Rio Descoberto, em Brazlândia - DF.

3.2. Objetivos específicos:

- Levantar estudos disponíveis sobre impactos ambientais dos sistemas agroflorestais, relacionando com as dimensões social e econômica.
- Identificar e mensurar impactos multidimensionais de antes e depois da implantação do sistema agroflorestal.
- Estabelecer relações entre a implantação de SAFs e a sustentabilidade de agroecossistemas familiares.

4. ESTRUTURA DE PESQUISA

Dentro do presente estudo, o capítulo introdutório e de revisão da literatura é responsável por apresentar os principais conceitos trabalhados ao longo da dissertação, assim como, elucubrar acerca das problemáticas ambientais e sociais acerca do manejo convencional do solo, demonstrando a agroecologia e os sistemas agroflorestais como uma alternativa sustentável a corrente vigente na produção mundial de alimentos.

Como forma de estruturar a presente dissertação, foram escolhidas duas metodologias: a primeira, referente a uma revisão sistemática da literatura, no qual busca

tratar sobre uma análise bibliográfica acerca das produções acadêmicas sobre a temática de análise de impactos ambientais de sistemas agroflorestais. Buscou-se analisar o estado da arte sobre os impactos ambientais e socioeconômicos da implementação de sistemas agroflorestais, com foco no manejo orgânico e/ou agroecológico.

A segunda metodologia está vinculada a um Estudo de Caso, com os assentamentos localizados em área ambientalmente sensível, como é o caso da bacia do descoberto, onde ficam as nascentes dos rios que abastecem Brasília. Foi aplicada a metodologia Sistema de Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias - AMBITEC-AGRO (Soares e Rodrigues, 2013) em 14 unidades produtivas familiares, também denominadas como agroecossistemas. De forma a avaliar o desempenho socioeconômico e ambiental dos sistemas agroflorestais da região, em 4 pré-assentamentos e um assentamento na região de Brazlândia-DF.

Por fim, o presente estudo se propõe a relacionar os resultados obtidos no estudo de caso com os principais temas e conceitos abordados na revisão de literatura, de forma a se demonstrar as conclusões referentes as perguntas de pesquisa, concomitantemente, busca-se orientar e recomendar as esferas e sistemas que necessitam de uma maior assistência técnica ou de forma a orientar as políticas públicas voltadas a agricultura familiar.

O Quadro 1, está representando o resumo do roteiro metodológico previsto para a pesquisa, relacionando os objetivos desta dissertação com a metodologia e instrumentos que serão utilizados para responder tais objetivos:

Quadro 1 - Estrutura metodológica da dissertação relacionando os objetivos com a metodologia

Objetivo Geral	
Realizar uma análise de impacto ambiental multicritério sobre a adoção de sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares, situados nos assentamentos de reforma agrária da região da bacia do Rio Descoberto, em Brazlândia - DF.	
Objetivo Específico	Método/Instrumento

1	Levantar estudos disponíveis sobre impactos ambientais dos sistemas agroflorestais, relacionando com as dimensões social e econômica	Será feito uma revisão sistemática da literatura utilizando o "Methodi Ordinatio" (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015) a partir das principais bases de dados (World of Science, Scopus e a plataforma CAFe da CAPES), com referência das métricas de publicação e compilação dos resultados, e posterior execução de redes de palavras chave por meio do aplicativo VosViewer
2	Identificar e mensurar impactos multidimensionais de antes e depois da implantação do sistema agroflorestal.	Utilização da metodologia AMBITEC-Rural (Rodrigues 2015; Soares e Rodrigues 2013) para a avaliação de impactos ambientais, com duas planilhas, uma detalhando como era a vida antes e outra como foi a vida depois da implementação dos SAFs
3	Estabelecer relações entre a implantação de SAFs e a sustentabilidade de agroecossistemas familiares.	

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. Da Revolução Verde à Agroecologia: suas transformações ao longo dos anos

A história da prática da agricultura indica que o cultivo de alimentos esteja presente à experiência humana há pelo menos 10 mil anos, e, embora existam diferenças entre as sociedades e cultivares ao longo do globo, estas residem no fato de que elas são desenvolvidas a partir da percepção dos seres humanos em relação ao seu meio biofísico,

recursos naturais, aliado aos costumes alimentares de seu modo de vida. Desde o início da agricultura, os estudos apontam que cada sociedade rural possui uma forma singular de agricultura e, em cada uma, os processos se diferem (Mazoyer e Roudart, 2010; Castanho e Teixeira, 2017).

No momento em que as populações criaram os primeiros sistemas de cultivo, no período neolítico, surgiram as primeiras domesticações de culturas. Da mesma forma, as populações foram aumentando conforme a demanda por alimentos foi sendo suprida (Castanho e Teixeira, 2017) e conforme as técnicas de produção iam sendo ajustadas. No histórico da evolução da agricultura descrito por Mazoyer e Roudart (2010), observa-se que as práticas em relação ao manejo da fertilidade do meio foram as mais impactadas em termos de transformação. O sistema partiu de uma prática de derruba-queima e pousios longos, para encurtamento do pousio, seguido de supressão deste e introdução da tração animal, para potencializar o trabalho, assim como a rotação de culturas para melhorar os desempenhos. Em que se pesem as transformações ocorridas, estas sempre estiveram em consonância com as condições edafoclimáticas em que eram praticadas, condicionadas aos ciclos da natureza produtivos (Mazoyer e Roudart, 2010).

Entretanto, os avanços tecnológicos após a revolução industrial trilharam outros rumos para a prática da agricultura, mudando drasticamente o cenário da produção agropecuária no mundo. De fato, o momento logo após a segunda guerra mundial representou uma mudança de paradigma na concepção da agricultura mundial. A sintetização de adubos químicos, desenvolvimento de agrotóxicos (herbicidas, fungicidas e inseticidas) e o desenvolvimento de maquinários adaptados a uma larga escala, mudou completamente a relação dos seres humanos com os territórios, com o cultivo de alimentos e com sua segurança alimentar e nutricional (Primavesi, 2008; Canuto 2017). Tais mudanças ocorreram sob os auspícios da “Revolução Verde” (também tratada como “Segunda Revolução Moderna” pelos autores), (Mazoyer e Roudart, 2008; Gliessman, 2001) obtendo ganhos na produtividade de alimentos jamais vistos na história humana, porém com desdobramentos que implicaram numa série de problemas ambientais e sociais.

A agricultura convencional tem sido apontada como uma das principais responsáveis por impactos ambientais e sociais de grande magnitude. Campbell *et al.* (2017), ao investigarem os limites planetários, constataram que cinco dos nove limites estão em situação de alto risco, com a agricultura desempenhando um papel central nesse cenário.

Um dos impactos mais críticos é a intoxicação de populações rurais por agrotóxicos. Segundo Bombardi (2011), no Brasil, esse problema é particularmente grave, com elevados índices de contaminação entre trabalhadores do campo, agravados pela subnotificação de casos e pela carência de dados sistematizados. A literatura acadêmica tem evidenciado ainda outros efeitos negativos da agricultura convencional, como a erosão dos solos, a poluição de ecossistemas aquáticos e a redução da diversidade biológica, destacando a urgência de adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis (Altieri, 1998) .

A agricultura praticada nos moldes da revolução verde busca a adaptação do ambiente às melhores condições para o desenvolvimento de uma cultura ou pecuária específica, apoiando-se no uso de insumos químicos, manipulação genética, maquinário como grades e tratores no preparo e manejo de grandes extensões de área, a fim de ter o controle sobre os ganhos produtivos (Rosset *et al.*, 2014). Portanto, os insumos externos de origem química, como os agrotóxicos e os fertilizantes químicos, assim como os grandes maquinários ganham um papel de destaque, como forma de garantir as condições alta produção de cultivo da cultura desejada (Primavesi, 2008; Altieri. 2012). Em outras palavras, consolida o domínio dos humanos sobre a natureza, a partir do momento em que as condições naturais são controladas de forma artificial para se obter um produto. Simultaneamente, os efeitos da agricultura convencional na sociedade podem ser percebidos como o: aumento na concentração de terra, maior dependência do mercado externo, menor diversidade nos cultivos e aumento na insegurança alimentar das populações rurais (Ploeg, 2008).

Porém, na contramão da revolução verde e de seus feitos, ganham força no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, as formas de agriculturas ecológicas, antes invisíveis, com a notoriedade dada às questões ambientais, principalmente relacionadas a produção de alimentos e suas consequências (Campbell *et al.*, 2017). Segundo Abreu *et al.* (2012), destaca-se entre as agriculturas alternativas os trabalhos de Sir Albert Howard (agricultura orgânica), Rodolf Steiner (agricultura biodinâmica); Masanobu Fukuoka (agricultura natural); e Ana Maria Primavesi (agroecologia).

Atualmente, a agricultura orgânica e a agricultura agroecológica possuem diversas similaridades, como a abolição de insumos de origem química e o menor impacto ambiental decorrente de práticas conservacionistas (Abreu *et al.*, 2012). Entretanto, embora o cultivo agroecológico seja considerado orgânico, nem toda agricultura orgânica é considerada

agroecológica. Conforme Primavesi (2008), enquanto o orgânico preconiza apenas uma substituição de insumos, o agroecológico busca internalização dos processos ecológicos dentro do agroecossistema, garantindo assim, uma maior sustentabilidade dos recursos e insumos. Abreu *et al.* (2012) descreve que, enquanto a agricultura orgânica está voltada geralmente ao mercado empresarial, a agroecologia tem como público alvo a agricultura familiar, indicando assim também o forte vínculo social que a agroecologia preconiza.

Neste contexto, a Agroecologia pode ser interpretada como uma área do conhecimento transdisciplinar, pautada em uma mudança de paradigma, capaz de produzir respostas aos problemas postos, e contrapondo ao conceito de produtividade herdado da revolução verde (Sambuichi *et al.*, 2017). A partir dessa nova conceituação, os sistemas agroflorestais são uma forma de plantio e desenho dos sistemas familiares, o qual leva em conta a estratificação das culturas, englobando a produção de alimentos com espécies arbóreas e a estrutura ecológica similar a de um ambiente florestal (Miccolis *et al.*, 2016; Abdo, Valeri e Martins, 2008).

A Agroecologia busca uma produção de alimentos saudáveis a partir de uma prática agrícola que englobe as interações ecológicas do local com as dinâmicas sociais e conhecimentos dos povos campesinos e tradicionais, valorizando a redistribuição de terras e produção familiar, num contexto de garantir a segurança alimentar e nutricional em nível mundial (Canuto, 2017; Gliessman, 2018; Altieri, 2012).

A base dos sistemas agroflorestais está intrinsecamente ligada às práticas agrícolas das populações tradicionais, que historicamente utilizaram processos ecológicos como a estratificação de culturas, a ciclagem de nutrientes e a diversificação de espécies em consórcios biodiversos para a produção de alimentos (Vasconcelos *et al.*, 2023). Essas técnicas, desenvolvidas ao longo de gerações, refletem um profundo entendimento da dinâmica dos ecossistemas e se apresentam como uma grande oportunidade de aprendizado e de valorização do conhecimento dessas populações.

5.2. Manejo agroecológico do solo

Ao contrário das monoculturas da agricultura convencional, as quais são voltadas para a produção de commodities e para o mercado internacional, as policulturas da

agricultura familiar são responsáveis pela produção da base alimentar mundial, se adaptando a realidade e a cultura de cada local (Altieri, 2012; Canuto, 2017). Contudo, o processo histórico desigual de distribuição de terras está cada vez aumentando a concentração fundiária, de forma a excluir os agricultores familiares do processo de desenvolvimento rural (Lima *et al.*, 2020; Rocha, 2021). Desta forma, os territórios da reforma agrária ganham um local de destaque, pois, trabalham ativamente para reverter o processo de concentração fundiária, convertendo grandes extensões de terras improdutivas em uma pluralidade de assentamentos da agricultura familiar.

A Agroecologia busca uma produção de alimentos saudáveis a partir de uma prática agrícola que englobe as interações ecológicas do local com as dinâmicas sociais e conhecimentos dos povos campesinos e tradicionais, valorizando a redistribuição de terras e produção familiar, num contexto de garantir a segurança alimentar e nutricional em nível mundial (Canuto, 2017; Gliessman, 2018; Altieri, 2012).

Existem três principais maneiras de manejar o solo para a produção de alimentos (Primavesi, 2008):

1. o convencional com uso de insumos de origem química;
2. o orgânico no qual utiliza a substituição da matriz dos insumos químicos por orgânicos; e
3. a agroecológica, a qual utiliza os princípios e processos ecológicos de forma a tornar os sistemas mais abundantes.

Como proposto por Primavesi (2008), para ser considerado um sistema agroecológico, não basta apenas mudar a matriz dos insumos químicos para uma matriz de insumos de origem orgânica e permitido pela legislação. No manejo agroecológico deve-se incorporar as dinâmicas da ecologia dos ambientes naturais como parte do processo produtivo, além, também, de levar em conta a segurança e a soberania alimentar, e autonomia financeira para as famílias que praticam essa forma de agricultura (Altieri, 2012; Gliessman 2018).

Primavesi (2008) definiu cinco princípios fundamentais para um manejo agroecológico dos solos, sendo estes: i) Solos vivos e agregados; ii) Biodiversidade; iii) Proteção do solo contra intempéries; iv) Bom desenvolvimento das raízes; V)

Autoconfiança do agricultor. Desta forma, é possível compreender que o manejo agroecológico não segue um modelo único e pré-determinado, na verdade, a sua sustentabilidade está relacionada a princípios e práticas que buscam alcançar processos ecológicos (Gliessman 2003; Ebel, 2020).

Por outro lado, o desafio para os sistemas agroecológicos vai além do desempenho de produtividade. O manejo agroecológico de sistema de produção familiar passa a buscar aspectos como a substituição da agricultura de insumos por uma agricultura de processos ecológicos, nos quais alcancem objetivos como a autonomia das famílias, a sustentabilidade ambiental, o sucesso econômico, e a melhora da qualidade de vida de quem pratica essa agricultura.

5.3. Os sistemas agroflorestais como forma de plantio com impacto positivo

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são caracterizados por serem um sistema de produção que é utilizado pelas populações tradicionais da América do Sul de forma histórica (Vasconcelos *et al.*, 2023; Miccolis *et al.*, 2016). Entretanto, a perspectiva científica passou a dar uma maior importância a esse tema de forma mais recente, e os estudos geralmente englobam uma metodologia multidisciplinar com foco em compreender as interações complexas entre os agroecossistemas cultivados e suas partes constituintes (plantas, animais e os seres humanos) (Canuto, 2017; Miccolis *et al.*, 2016)

Os sistemas agroflorestais podem ser definidos pela legislação brasileira, de acordo com o Decreto Nº 7.830 de 2012, como:

“sistema de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes”. (Brasil, 2012)

Dentro das diferentes formas e técnicas de plantio, os Sistemas Agroflorestais – SAFs, representam um local de destaque, tendo em vista que os princípios do manejo agroecológico estão no cerne deste sistema, como a adubação verde, a estratificação, o plantio biodiverso, inserção de espécies nativas e arbóreas, e os consórcios entre diferentes grupos funcionais (Vaz, 2000; Miccolis *et al.* 2016).

Os sistemas agroflorestais, de forma resumida, podem ser classificados, de acordo com Nair (1991) e Miccolis *et al.* (2016), em:

- Agrossilviculturais: São aqueles sistemas que combinam o uso de espécies de interesse agrícola em conjunto com espécies arbóreas
- Agrossilvipastoris: São aqueles sistemas que combinam a criação de animais, em conjunto com o uso de espécies agrícolas simultaneamente com espécies arbóreas ou florestais
- Silvipastoril: São os sistemas que combinam a criação de animais, com pastagens e espécies arbóreas.
- Sucessionais ou Sintrópicos: São baseados na proposta de Götsch (1996), dos quais utilizam a estratificação e o ciclo de vida das plantas dentro do sistema para maximizar a eficiência no aproveitamento da energia solar
- Quintais agroflorestais: Geralmente relacionados com a agricultura familiar e /ou populações tradicionais, são caracterizados por contribuírem com a segurança alimentar e nutritiva, situadas no perímetro das residências.

As práticas de manejo agroecológico sustentável listadas por Altieri e Nichols (2007) como adubação verde, cobertura de solo, compostagem, aumento na biodiversidade e consórcio de diferentes espécies, são as práticas e manejos mais comuns dentro de um sistema agroflorestal agroecológico (ou sintrópico/sucessional) (Vaz, 2000). Ao relacionar os sistemas agroflorestais com as práticas de manejo agroecológico os agroecossistemas que possuem níveis elevados de biodiversidade são mais resilientes a eventos climáticos extremos e acarretam menos perdas da sua produção, quando em comparação a vizinhos que produzem em modelos de monocultura (Altieri e Toledo, 2011). Tornando assim, a biodiversidade um fator de extrema importância no desenho dos sistemas agroflorestais, com benefícios que abrangem a ciclagem de nutrientes até a resiliência aos eventos climáticos extremos, cada vez mais comuns no mundo atual.

Santos e Paiva (2012) mostram que a produção de alimentos orgânicos nos sistemas agroflorestais, minimiza os gastos com insumos externos à propriedade rural, proporciona melhoria na produtividade das atividades agropecuária, contribui com o aumento de renda dos produtores. Em um estudo de caso com agricultores familiares em Belém, Costa e

Pauleto (2021) demonstraram como os SAFs podem gerar uma renda extra, mesmo em cultivos onde se possui uma cultura principal, a partir da composição vegetal e aumento da diversidade. De Carvalho *et al.* (2014) descrevem que os solos dos sistemas agroflorestais são mais ricos em matéria orgânica e têm menor resistência à penetração da água.

A expansão da produção e comercialização de produtos orgânicos e de base agroecológica revela a importância desse segmento. De acordo com Soares *et al.* (2015), a agricultura orgânica e/ou de base agroecológica pode ser uma saída para aumentar a produtividade e minimizar o comprometimento dos recursos naturais no Brasil (Farias *et al.*, 2024). No entanto, o principal desafio é conseguir manter a produtividade agrícola de tal forma que sustente a população em crescimento, sem comprometer ainda mais o meio ambiente (Caporal e Costabeber 2002). Ademais, existe um reconhecimento tanto da comunidade técnico-científica quanto do poder público, de que é preciso ações para promover a conservação dos recursos naturais.

Portanto, os sistemas agroflorestais se manifestam como uma opção importante para a agricultura familiar. Nesse contexto, Abdo, Valeri e Martins (2008) demonstram como benefícios: a melhora na capacidade produtiva do agroecossistema, maior diversidade de cultivos por área e otimização dos recursos naturais e insumos.

5.4. As análises de impacto ambiental e a agricultura familiar

Canuto (2017) destaca que existem diversos fatores relacionados à saúde ambiental que podem retratar o sucesso do uso de sistemas agroflorestais, demonstrando a importância de se monitorar os processos de restauração através do uso de indicadores multidimensionais, com aspectos ambientais, sociais e econômicos.

A partir de uma ótica científica de análise, os modelos agroecológicos de produção possuem um alto nível de incorporação de tecnologias e de empoderamento do conhecimento, seja científico ou tradicional (Silva Neto, 2014). Algo comum a pesquisa ambiental no geral, e principalmente relacionada a agroecologia, está no elemento de complexidade que se tem ao se estudar um fenômeno que engloba diversas esferas e principalmente as relações entre os componentes do sistema (Francisco *et al.*, 2023).

A partir da análise de diversos indicadores, pode-se atuar nas áreas de maior necessidade, assim como buscar cenários futuros e ajudar o planejamento de agroecossistemas. Portanto, para obter uma análise de agroecossistemas, é necessária uma metodologia que consiga abranger todas essas temáticas, de forma não apenas a analisar o sistema produtivo, como também analisar o sistema social responsável por esse agroecossistemas.

O monitoramento e a avaliação da sustentabilidade nas atividades agrícolas são de extrema relevância, uma vez que permitem a compreensão e a quantificação dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dessas práticas (Araújo *et al.*, 2022). No cenário brasileiro, Osorio e Dias (2024) destacam três metodologias principais para a avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas: o Ambitec-Rural, o APOIA-Novo-Rural e o Método de Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. Essas metodologias compartilham características comuns, como a adoção de um conceito bem definido de desenvolvimento sustentável e a seleção prévia de indicadores. A escolha da metodologia mais apropriada deve considerar o escopo e a profundidade da análise desejada (Osorio e Dias, 2024). Para esta pesquisa, que tem como foco a avaliação dos impactos da adoção de sistemas agroflorestais, o Ambitec-Agro se apresenta como a metodologia mais eficiente, dada sua capacidade de analisar os efeitos da implementação de tecnologias específicas em agroecossistemas.

Os agroecossistemas localizados em territórios da reforma agrária possuem práticas, costumes, conhecimentos e manejos, os quais podem ser percebidos como a intervenção humana no sistema agrário, sendo estes específicos para cada local. Eles são influenciados pelo seu processo histórico e ocorrem de acordo com o contexto de vida de cada família de agricultores (Costa e Pauletto, 2021). Neste sentido, inovações tecnológicas, ou novas formas de produção introduzidas nos sistemas devem corresponder aos fatores citados acima e não somente às questões econômicas produtivas. (Maurel e Huyghe, 2017)

O uso da terra deve ser feito de forma eficiente para que consiga se manter um padrão de vida condizente com as vontades e aspirações das famílias de agricultores (Altieri, 2012). O acesso a diversos recursos como a terra para produção, a água e rede de energia elétrica ainda é algo sensível para alguns territórios de reforma agrária (Francisco *et al.*, 2023; Rocha, 2021). Portanto, ao se tratar do desenvolvimento sustentável, principalmente num

contexto rural, deve-se compreender a complexidade das interações entre as redes de produção de alimentos, as famílias produtoras e os agroecossistemas.

A agricultura familiar (AF) no Brasil é uma classificação determinante, pois engloba a maioria dos estabelecimentos rurais e uma parte considerável do abastecimento de alimentos interno (IBGE, 2017). O campesinato pode ser incluído dentro da AF, onde as suas características socioculturais vão determinar a prática e a teoria da agroecologia (Ploeg, 2008; Sambuichi *et al.*, 2017). Portanto, no Brasil, a Agroecologia possui um grande enfoque social, centralizando os agricultores familiares e movimentos sociais como protagonistas. (Ploeg, 2008; Wezel *et al.*, 2009; Sambuichi *et al.*, 2017) Dessa forma, os territórios da reforma agrária ganham um local de destaque, pois, trabalham ativamente para reverter o processo de concentração fundiária, convertendo grandes extensões de terras improdutivas em uma pluralidade de assentamentos da agricultura familiar.

Na contracorrente da produção de alimentos pela via convencional, Miccolis *et al.* (2016) destacam o esforço científico para desenvolver formas de produção de alimentos que possam gerar uma renda, sejam produtivas, e capazes de reverter o processo de degradação do solo, tendo o ser humano como um agente ativo desta mudança por meio da catalização dos processos ecológicos. A necessidade desta pesquisa gira em torno de obter dados e análises das bases produtivas em territórios da reforma agrária no DF, um conhecimento necessário para a formulação de políticas públicas direcionadas a este público-alvo.

“Agroecologia tem uma natureza social. Apoia-se na ação social coletiva de determinados setores da sociedade civil vinculados ao manejo dos recursos naturais, razão pela qual é também sociológica.” (Sevilla Guzmán, 2002). Desta forma, o fator social é de extrema importância para a análise deste estudo, como o meio social afeta as escolhas de produção, manejo e as práticas de cada família. Principalmente quando são agroecossistemas em territórios da reforma agrária, onde a luta não é “apenas” pelo acesso à terra, mas pelo acesso a todas as condições necessárias para se produzir os alimentos com abundância, e de se reproduzir o modo de vida que as famílias estão almejando.

No Distrito Federal, algumas famílias residentes em áreas de reforma agrária em processo de regularização (por isso determinadas como “pré-assentamento”), tem como estratégia de plantio os sistemas agroflorestais sintrópicos, a fim de melhorar suas condições de produção, social, econômica e garantir qualidade ambiental no processo produtivo

(Rocha, 2021). Comparado à produção em monocultivo, o sistema agroflorestal é tido como uma forma de recriar serviços ecossistêmicos e proteger recursos hídricos, além de fornecer alimentos (Altieri, 2012), portanto uma forma de produzir com alto valor ambiental.

Ao relatar a experiência de agricultores camponeses em territórios da reforma agrária no Distrito Federal, Rocha (2021) destaca como a matriz produtiva agroecológica foi de grande relevância para o contexto de escassez de água. Principalmente relacionada a um baixo acesso a fonte de água pelas famílias de agricultores, assim como um menor uso de insumos externos e a melhora das qualidades do solo com o passar do tempo, baseados nos processos ecológicos, tiveram um papel muito importante para que o próprio sistema produtivo aumentasse a sua resiliência e, portanto, gerando uma maior autonomia produtiva para as famílias.

Dentro das diferentes formas e técnicas de plantio, os Sistemas Agroflorestais – SAFs, representam um local de destaque, tendo em vista que os princípios do manejo agroecológico estão no cerne deste sistema, como a adubação verde, a estratificação, o plantio biodiverso, inserção de espécies nativas e arbóreas e os consórcios entre diferentes grupos funcionais (Miccolis *et al.* 2016). Nota-se que, a partir das avaliações realizadas nas visitas de campo prévias a obtenção de dados, que os SAFs representam um modelo muito utilizado pelas famílias dos assentamentos estudados. Portanto a sua análise e classificação se tornam algo de grande relevância a pesquisa.

Assim, avaliar o desempenho ou as mudanças provocadas pelos SAFs nas áreas dos agricultores familiares, é um caminho para refletirmos sobre mudanças sociotécnicas que possam fortalecer a resiliência dos sistemas produtivos agroecológicos campesinos do DF a partir dos processos ecológicos que garantam a perenidade e/ou a recuperação da produtividade agrícola do sistema produtivo. Este é o principal foco deste trabalho de dissertação.

6. METODOLOGIA

6.1. Methodi Ordinatio

Neste estudo utilizou-se o procedimento metodológico de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). De acordo com Cordeiro *et al.* (2007), a RSL é um tipo de investigação científica que tem por objetivo reunir, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de múltiplos estudos primários.

Optou pela utilização do protocolo de RSL denominado *Methodi Ordinatio* (M.O.) que é um protocolo multicritério de tomada de decisão na seleção de artigos científicos para a composição de um portfólio bibliográfico (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015). O protocolo utiliza três fatores mais relevantes a serem considerados na escolha de um trabalho:

- (a) número de citações, que demonstra o reconhecimento da comunidade científica em relação a determinada pesquisa;
- (b) fator de impacto (métrica), que revela a importância do periódico onde o artigo foi publicado; e,
- (c) o ano de publicação, que revela a atualidade do artigo.

O M.O. foi estruturado de forma a definirem um protocolo composto por nove etapas (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015), as quais serão descritas abaixo, detalhando os termos, as bases e demais informações:

Fase 1 – Estabelecer a intenção da pesquisa, uma pesquisa de Revisão Sistemática da Literatura sobre o conhecimento disponível e o estado da arte na bibliografia referente a impactos ambientais da adoção dos sistemas agroflorestais pela agricultura familiar, de forma a auxiliar a transição agroecológica, associando às análises de impacto ambiental e de avaliação de sustentabilidade com indicadores nas dimensões ambientais, sociais e econômicas.

Fase 2 – Pesquisa preliminar exploratória com as palavras-chave nas bases de dados. Neste momento foram utilizadas as palavras-chave: “Agroforestry systems” “agroforestry” “Family farm” “small farm” “environmental assessment” “Sustainability assessment” “organic” “organic transition” “agroecology”. Dentre as bases de dados pré-selecionadas foram realizadas pesquisas exploratórias como forma de direcionar a pesquisa, buscando os resultados mais condizentes com o objetivo da pesquisa.

Fase 3 – Definição da combinação de palavras-chave e bases de dados. Foi escolhida a seguinte estratégia de busca: (“agroforestry system” OR “agroforestry”) AND (“organic” OR “agroecology”) AND (“sustainability assessment” OR “environmental impact”). Com os descritores booleanos AND e OR e a escolha pelas palavras-chave escritas na língua inglesa como forma de abranger estudos internacionais e nacionais mais relevantes. As bases de dados selecionadas foram: Web of Science e Scopus pela abrangência e relevância dos artigos, assim como a plataforma CAFe da CAPES pela representatividade de artigos na língua portuguesa e espanhola.

Fase 4 – Busca definitiva nas bases de dados, a partir da estratégia de busca descrita na etapa anterior foram realizadas as buscas nas bases de dados definidas, e desta forma, forma selecionadas os primeiros 25 resultados de cada pesquisa de acordo com os maiores valores encontrados na classificação “di ordinatio”. Nesta fase, foram avaliados os resumos e conclusões de cada artigo para ver se estavam adequados a proposta desta pesquisa. Optou por seguir o proposto pelo protocolo M.O., utilizando apenas artigos revisados por pares, excluindo da busca teses, dissertações, anais de eventos, capítulos de livros entre outros.

Fase 5 – Procedimentos de filtragem, nesta etapa foram utilizados os filtros sobre publicações dos últimos 11 anos (2013-2023), pois nesta faixa temporal estariam os artigos mais relevantes e inovadores, assim como, foram eliminados os textos em duplicatas (que aparecem em mais de uma base). Ademais, também foram eliminados os artigos cujo conteúdo do objetivo, do resumo e/ou as conclusões não estivessem de acordo com a revisão proposta neste estudo. Esta filtragem resultou um total de 21 artigos para compor o portfólio desta pesquisa.

Fase 6 – Identificação do fator de impacto (FI), do ano de publicação e do número de citações (CI). Após a seleção dos artigos em suas respectivas bases de dados, houve a posterior tabulação dos dados no programa Excel e organizados em uma planilha.

Fase 7 – Ordenação dos artigos por meio do In Ordinatio. aplicou o cálculo do “In Ordinatio” (IO) (Pagani; Kovaleski; Resende, 2015), que utiliza a seguinte equação:

$$I.O. = (F.I./1000) + 10 * (10 - (2023 - \text{ano de publicação})) + (C.I.)$$

Fase 8 – Localização dos artigos em formato integral. Todos os artigos que foram selecionados após todos as etapas anteriores, foram encontrados em formato integral.

Fase 9 – Leitura e análise sistemática dos artigos. A leitura completa dos 22 artigos selecionados foi realizada e a análise do conteúdo foi realizada.

6.1.1. Software Vosviewer

O software VosViewer é orientado à criação, visualização e exploração de mapas baseados em dados de redes, conforme destacado no manual de Van Eck e Waltman, (2009). Tem como objetivo proporcionar uma visualização, “na qual os objetos são localizados de tal forma que a distância entre qualquer par de objetos reflete a sua semelhança com a maior precisão possível” (Van Eck e Waltman, 2009). Sendo, nesse sentido, o software VOSViewer pode ser utilizado em qualquer conjunto de dados de redes e adota o método conhecido como VOS (Visualization of Similarities) para definir os nós e ligações de sua rede, conforme estudos de Moreira, Guimaraes e Tsunoda, (2020).

A vantagem no uso de um software como o VOSViewer, é obter ajuste rápido, controle de dados aberto em reprodução efetiva e a redução de tempo na análise. Contribui para o melhoramento no processo de divulgação e transparência das informações evidenciadas por meio dos relatórios, os documentos mais relevantes para se utilizar em pesquisas.

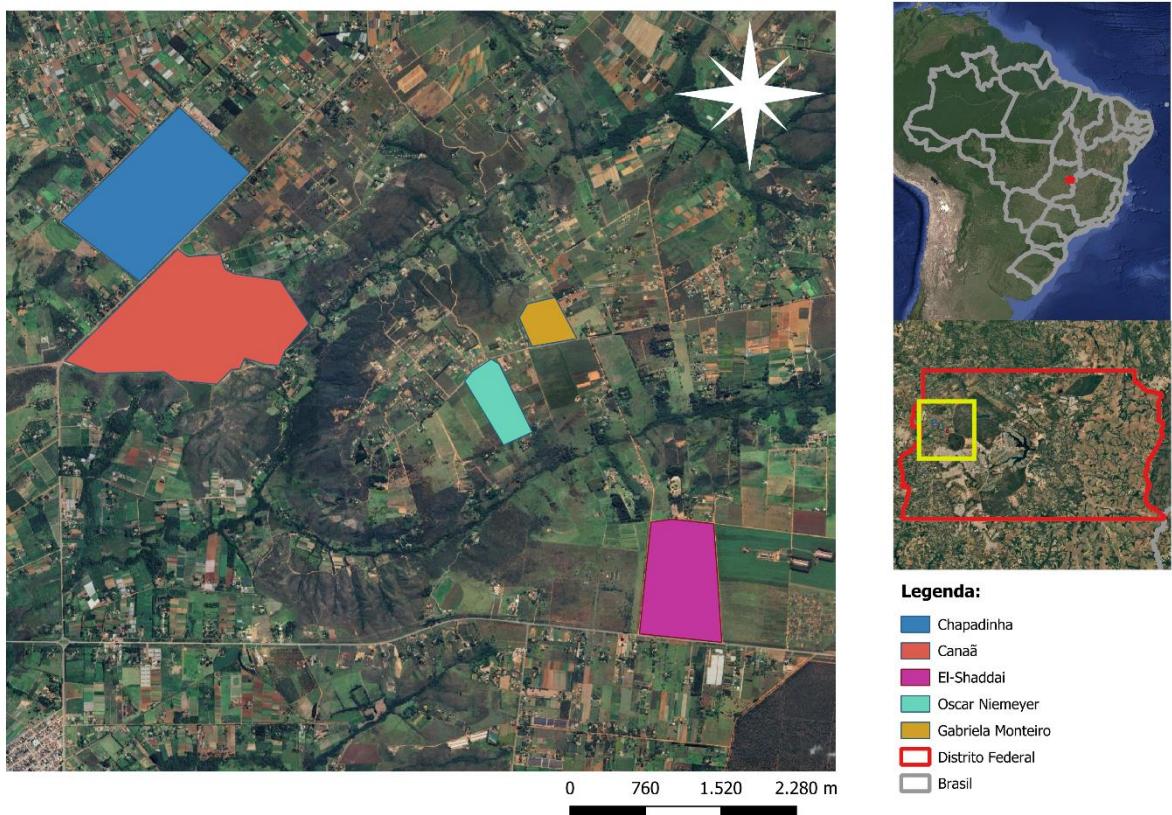
6.2. Caracterização da área de estudo

De acordo com a Portaria MDA Nº 080, de 24/4/2002 que estabelece os conceitos relativos a assentamentos, classifica os mesmos como:

“Unidade Territorial obtida pelo Programa de Reforma Agrária do governo federal ou, em parceria com estados ou com municípios, mediante desapropriação; arrecadação de terras públicas; aquisição direta; doação; reversão ao patrimônio público, ou por financiamento de créditos fundiários, para receber, em suas várias etapas, indivíduos selecionados pelos programas de acesso à terra.” (Brasil, 2002)

Portanto, um pré-assentamento é um local destinado a reforma agrária no qual todas as famílias ainda não possuem a titulação total da terra, porém estão em processo de titulação e que residem no território.

Figura 1 - Mapa de localização dos assentamentos



Fonte: Elaboração própria

Os pré-assentamentos estudados se situam na região administrativa (RA) de Brazlândia, em Brasília-DF (Figura 1 - Mapa de localização dos assentamentos), e estão localizados dentro da Área de Proteção Ambiental - APA da Bacia do Descoberto, que abrange a bacia hidrográfica de mesmo nome, utilizada principalmente para o abastecimento da população do Distrito Federal (Rocha, 2021).

Historicamente, a RA de Brazlândia era um latifúndio que pertencia a família Braz de Lima. Uma parte foi desapropriada para a construção do que viria a ser a capital federal.

Portanto, o local já possuía um uso destinado a produção agrícola desde sua gênese (Rocha, 2021).

Os pré-assentamentos trabalhados localizam-se no núcleo rural Alexandre Gusmão e são: o Canaã, o El-Shaddai, o Oscar Niemeyer, o Chapadinha e Gabriela Monteiro. O único território que já possui titulação da terra durante o período da pesquisa está localizado adjacente ao assentamento, na fazenda Chapadinha (de acordo com Decreto Nº 13.106, de 05 de abril de 1991, do Distrito Federal), onde um dos agroecossistemas das famílias entrevistadas reside.

Dentro do processo de luta por reforma agrária, o processo de ocupação no Canaã se iniciou em 2011, em um local onde era uma monocultura de eucaliptos de cerca de 370 hectares, com titularidade de uma empresa estatal chamada “PROFLORA”, que entrou em liquidação ainda em 1989. A área passou por um processo de retirada dos eucaliptos, entretanto as rebrotas e os tocos ainda causam efeitos negativos até hoje nas famílias que residem no Território (Rocha, 2021). As famílias estão em processo de regularização do assentamento, o estabelecimento das famílias veio após os sorteios dos lotes em 2015, quando se iniciou o processo de construção das condições de vida, ainda sem apoio do estado, e de plantio com as cerca de 70 famílias que residem no local.

O pré assentamento Gabriela Monteiro está localizado no bairro INCRA 7, na região administrativa de Brazlândia – DF. Neste território está localizado o centro de educação popular e agroecologia de mesmo nome, sede dos trabalhos coletivos do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, no Distrito Federal. O Centro Gabriela Monteiro é uma grande referência para o desenvolvimento rural e de atividades coletivas para agricultores familiares dentro do Planalto Central brasileiro.

Os pré-assentamentos se localizavam em locais em processo de degradação agrícola. É o caso do El-Shaddai (monocultura de grãos com manejo convencional), do Canaã (produção em monocultura de eucalipto) e do Gabriela Monteiro e do Oscar Niemeyer (criação de gado convencional, com retirada da cobertura vegetal e substituição por pastagens).

A reforma agrária não se resume apenas ao acesso as terras. Com a conquista do espaço a partir de uma luta do MST em 2015, vieram as lutas por acesso a outros bens,

como infraestrutura adequada e principalmente relacionadas ao acesso a água, tanto para consumo humano quanto para a manutenção dos cultivos (Rocha, 2021).

Atualmente, os pré-assentamentos estudados se encontram em processo de desenvolvimento das atividades produtivas do agroecossistemas e as famílias que ali residem vivem da agricultura agroecológica atualmente. A coleta dos dados ocorreu durante o período entre fevereiro e abril de 2024. Durante as entrevistas foi possível identificar fatores em comum a todos, que são:

O núcleo familiar está localizado ou é adjacente a territórios destinados ao assentamento da reforma agrária, a propriedade está localizada nos bairros INCRA 6 e 7, no núcleo rural Alexandre Gusmão, na Região Administrativa de Brazlândia - DF. A área total de todos os terrenos entrevistados é de 5 ha, considerado o módulo fiscal mínimo para a agricultura familiar no DF. Os sistemas agroflorestais foram implementados entre os anos de 2017 e 2019, e a coleta dos dados ocorreu em 2024. Portanto, o período temporal das análises abrange de 5 a 7 anos (diferença temporal entre o *ex ante* e o *ex post*). Algumas famílias produziam de forma convencional previamente a chegada ao local e após receberem assistência técnica e incentivos optaram pela implementação de sistemas agroflorestais e mudaram o manejo convencional para um manejo agroecológico, sem utilização de insumos químicos.

Alguns produtores já são certificados por organismos de certificação participativa (OPAC), e todos os outros que ainda não são certificados, manifestaram o interesse em realizar a auditoria para a certificação orgânica de seus produtos. Muitos dos agricultores possuem uma reserva legal de 1 ha, em processo de regeneração natural e/ou com plantios de espécies florestais nativas como forma de recuperação ambiental. A maioria das famílias envolvidas participou de um edital promovido pela organização não governamental WWF, que desempenhou um papel fundamental no processo de capacitação técnica dessas famílias. Além disso, a ONG atuou como intermediária na disponibilização de recursos financeiros, de insumos e de mudas, viabilizando a implementação dos primeiros sistemas agroflorestais nas propriedades.

6.3. Projeto “Comunidades Agroflorestais”

A presente pesquisa faz parte de um projeto executado pelo Centro Internacional de Água e Transdisciplinaridade – CIRAT, financiada pela Fundação Banco do Brasil – FBB. O projeto é intitulado “Comunidades Agroflorestais: plantando água e tecendo vidas”. Atualmente conta com 15 beneficiários, os quais foram os alvos dos questionários. Uma das famílias teve problemas pessoais e não pode participar da entrevista, desta forma, o espaço amostral se restringiu em 14 famílias entrevistadas.

O projeto teve dois eventos em janeiro e fevereiro de 2024, como forma de solenização e apresentação do projeto. Nesses eventos, foi feito um cadastro das famílias interessadas, e a posterior seleção dos beneficiários. A escolha das famílias residia naquelas que possuíam Sistemas Agroflorestais em seu agroecossistema, ou possuíam aptidão para a implementação de um módulo, assim como, questões relacionadas a frequência e participação nas oficinas, como contrapartida dos agricultores.

6.4. Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias - Ambitec-Agro

O sistema de ‘Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias’ (Ambitec-Agro) tem como foco avaliar as alterações de desempenho socioambiental de estabelecimentos rurais em consequência da adoção de determinada prática ou tecnologia (Rodrigues, 2015). O propósito é o de verificar alterações, positivas e negativas, resultantes da adoção tecnológica ou atividade produtiva, e apontar recomendações de gestão ambiental e social segundo os impactos identificados. Cada critério se refere a alguma característica objetiva do estabelecimento rural, por exemplo, ‘Oferta de empregos permanentes’ e consiste em um conjunto de indicadores de alterações observadas em campo.

O método Ambitec-Agro apresenta estrutura multicritério, pela qual as observações de campo são pontuadas em 27 critérios e 148 indicadores de desempenho socioambiental. Os resultados são apresentados por critério, em seguida por aspecto e finalmente as dimensões e o Índice de Impacto da Atividade. O sistema Ambitec-Agro tem sido empregado no contexto institucional do ‘Sistema Embrapa de Gestão (SEG) para realizar as avaliações de impactos socioambientais de inovações tecnológicas disponíveis

anualmente no âmbito do Programa Nacional de Pesquisa Agropecuária da Embrapa (Rodrigues, 2015).

O Ambitec-Agro se propõe a atuar como uma metodologia de destaque no campo da avaliação de impacto ambiental e sustentabilidade, caracterizando-se pela participação direta dos agricultores no processo de avaliação, onde suas percepções determinam os valores atribuídos a cada critério analisado. Essa abordagem multicritério permite uma compreensão abrangente dos impactos gerados pela adoção de tecnologias no agroecossistema, incluindo aspectos como manejo do solo, capacitação dos produtores e condições de comercialização. Projetada para ser aplicável em diferentes contextos e biomas, a metodologia demonstra elevada replicabilidade, tornando-se uma ferramenta versátil para a análise de sistemas agrícolas diversos. Entretanto, seu principal gargalo está no processo de definição dos critérios, que, embora seja bem amplo e representativo, não possui a participação dos agricultores no processo de escolha deles.

6.4.1. Avaliação de Impactos Ambientais e Socioeconômicos

O levantamento de dados dos impactos ambientais e socioeconômicos teve início a partir da coleta de informações em campo, realizado junto ao produtor na propriedade rural, com o auxílio de notebooks, por meio de entrevista com os responsáveis pelos estabelecimentos rurais. A coleta de dados e entrevista semi-estruturada ocorreu durante os meses de fevereiro e abril de 2024. Primeiramente são feitas perguntas iniciais como forma de identificação do local, como endereço, tamanho do lote, quantas pessoas residem no agroecossistema etc. Posteriormente é perguntada aos agricultores, em formato de questão aberta, quais são os três principais problemas enfrentados no desenvolvimento da atividade agrícola.

O Ambitec Agro é um programa formado por um conjunto de planilhas eletrônicas (MS-EXCEL®) constituídas por uma série de indicadores ambientais e socioeconômicos. A aplicação do instrumento incluiu o desenvolvimento de uma entrevista *in loco* com o produtor, com a finalidade de avaliar sua percepção a partir de suas vivências e experiências em relação aos impactos gerados pela implementação de sistemas agroflorestais, assim como a mudança de manejo convencional para o manejo agroecológico. O processo de coleta de dados foi feito em duas etapas e incluiu o preenchimento de duas planilhas distintas do sistema Ambitec. Primeiramente, o produtor respondeu questões relacionadas

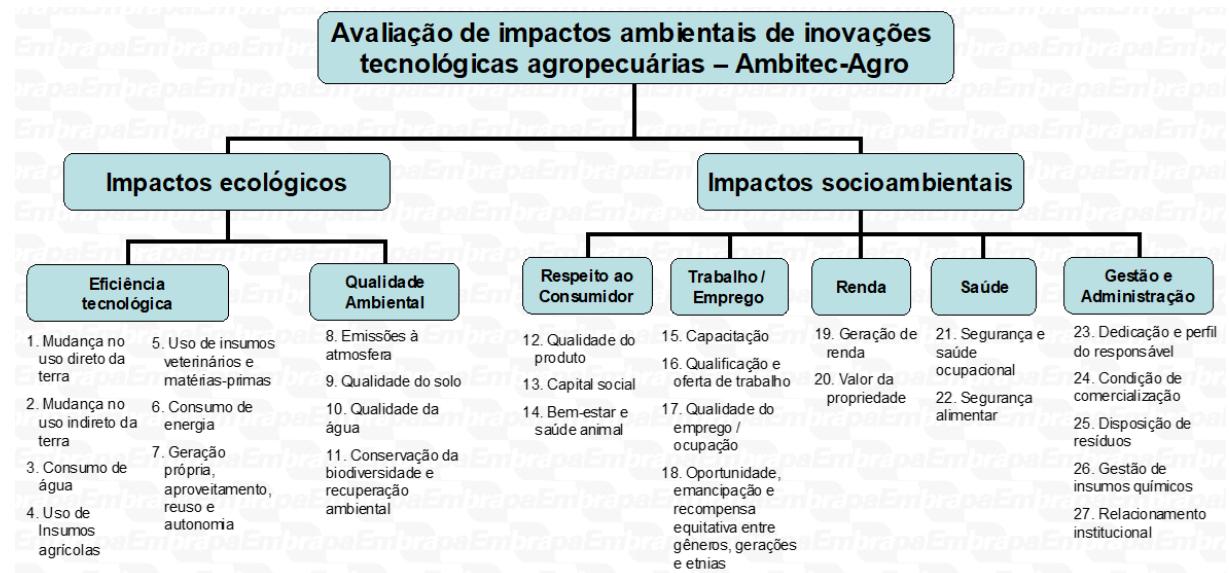
com sua situação anterior (*ex ante*) quando ainda não possuía o sistema agroflorestal ou suas atividades de produção eram convencionais; e na segunda etapa, buscou-se avaliar sua percepção sobre a situação atual, do agroecossistema cultivado com os SAFs, ou durante o processo de transição agroecológica (*ex post*). As duas etapas foram realizadas no mesmo dia, fazendo apenas a diferenciação com relação ao período temporal.

O sistema Ambitec na avaliação de impactos ambientais compõe-se de dois aspectos gerais a serem ponderados: o primeiro, se relaciona com o uso de insumos e recursos, e o segundo, se relaciona com a qualidade ambiental e os indicadores do meio físico. Nos impactos econômicos, os aspectos avaliados são o da renda e de emprego. A avaliação dos impactos sociais é composta pelos aspectos de respeito ao consumidor, saúde, gestão e administração (Soares e Rodrigues, 2013).

Cada um desses aspectos está formado por indicadores, e cada indicador é constituído por uma série de variáveis (Figura 2). Podem-se relacionar de forma consecutiva os aspectos, indicadores e variáveis que constituem a avaliação de impactos via Ambitec-rural (Irias *et al.*, 2004).

Cada uma das variáveis tem um fator de ponderação (*k*) que indica o peso ou importância de cada uma delas (fator esse atribuído pela própria metodologia). O programa também inclui a escala geográfica de ocorrência da alteração do componente do indicador, determinando a abrangência do impacto, que pode variar entre pontual, quando o efeito se restringe ao ambiente de implantação da tecnologia; local, quando o efeito se faz sentir fora do ambiente da tecnologia, mas restrito aos limites da unidade produtiva; entorno, quando o impacto gerado ultrapassa os limites da unidade produtiva (Rodrigues, Campanhola e Kitamura, 2002).

Figura 2 - Diagrama de aspectos, indicadores e variáveis para a avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais via sistema Ambitec



Fonte. Adaptado de Soares e Rodrigues (2013).

As variáveis de cada um dos indicadores são mensuradas com base no coeficiente de alteração do indicador, entendido como o impacto da atividade sob as condições de manejo específicas para cada variável. Os coeficientes de alteração podem variar de -3 a +3, sendo que o coeficiente +3 indica uma grande influência positiva no componente; +1, moderada influência positiva no componente; 0, componente inalterado; -1, moderada influência negativa no componente e -3, grande influência negativa no componente (Soares e Rodrigues, 2013).

Os coeficientes de alteração foram inseridos segundo a percepção do produtor, que foi quem identificou o grau de impacto para cada variável. Uma vez inserido o coeficiente de alteração, automaticamente o programa gera o coeficiente de impacto parcial, os quais sumarizados entre sim conformam o impacto total do indicador.

Na matriz de resultados do sistema Ambitec-Rural foram agrupados e consolidados para cada produtor avaliado os indicadores do impacto ambiental (tanto antes da implantação da tecnologia, quanto depois), os quais tiveram uma representação gráfica, gerando um índice de impacto geral com uma variação de +15 a -15, dependendo do direcionamento do impacto, se benéfico ou deletério, respectivamente.

6.4.2. Impacto das Tecnologias:

A metodologia de cálculo do percentual de impacto da tecnologia (PIT) foi desenvolvida visando prover uma análise comparativa entre as condições socioeconômicas e ambientais anteriores e posteriores à adoção tecnológica. Caracterizar também de forma prática o ganho percentual da tecnologia para cada unidade produtiva, ou seja, com fácil entendimento ao produtor familiar em evidenciar as diferenças em termos de coeficientes técnicos do processo e as mudanças proporcionadas pela tecnologia adotada (Soares *et al.*, 2015).

Nesse sentido, calculou-se inicialmente o percentual de impacto da tecnologia (PIT) para cada unidade familiar, para depois fazer uma média das unidades avaliadas (Soares *et al.*, 2015; Soares e Rodrigues, 2013). A medida pode assumir valores positivos ou negativos, indicando a direção: se o índice de impacto mensurado entre os dois momentos (antes e após a introdução da tecnologia) foi crescente ou decrescente, respectivamente. Segue a descrição do cálculo:

$$PIT_i = \left(\frac{\mu_{2i} - \mu_{1i}}{AM} \right) \times 100$$

Sendo:

PIT_i : Percentagem de Impacto da Tecnologia do indivíduo i , $i=1$

μ_{2i} : Índice de impacto depois da introdução da tecnologia, referente ao indivíduo i ;

μ_{1i} : Índice de impacto antes da introdução da tecnologia, referente ao indivíduo i ;

AM : Amplitude máxima possível da escala Ambitec ($= 30$).

6.5. Análises estatísticas

Para avaliar a possível existência de diferenças significativas para cada critério que compõem as dimensões sociais, econômicas e ambientais (antes e depois), foi realizado o teste não paramétrico de Wilcoxon, para amostras emparelhadas, ao nível de significância de 5%. Posteriormente, foram feitos análises e agrupamentos em *clusters*, baseado na similaridade de desempenho dos indicadores. Cada *cluster* concentra os produtores que tiveram uma performance similar.

O Percentual de Impacto da Tecnologia individual por produtor (PIT) (Soares *et al.* 2015) foi também calculado. Esta mesma medida pode também indicar a intensidade ou magnitude relacionada a estes índices de impacto na mudança dos momentos. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, versão 4.2.0.

7. RESULTADOS

Os resultados a seguir estão organizados de forma que a primeira parte está relacionada com a revisão sistemática da literatura, pelo “Methodi Ordinatio” (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015). O compilado de informações acerca dos sistemas agroflorestais, de acordo com a literatura mais atual sobre o tema. Ademais, algumas análises sobre bibliometria como o ano de publicação e o mapa de palavras-chave foram realizadas como forma de aprofundar a discussão sobre tal temática.

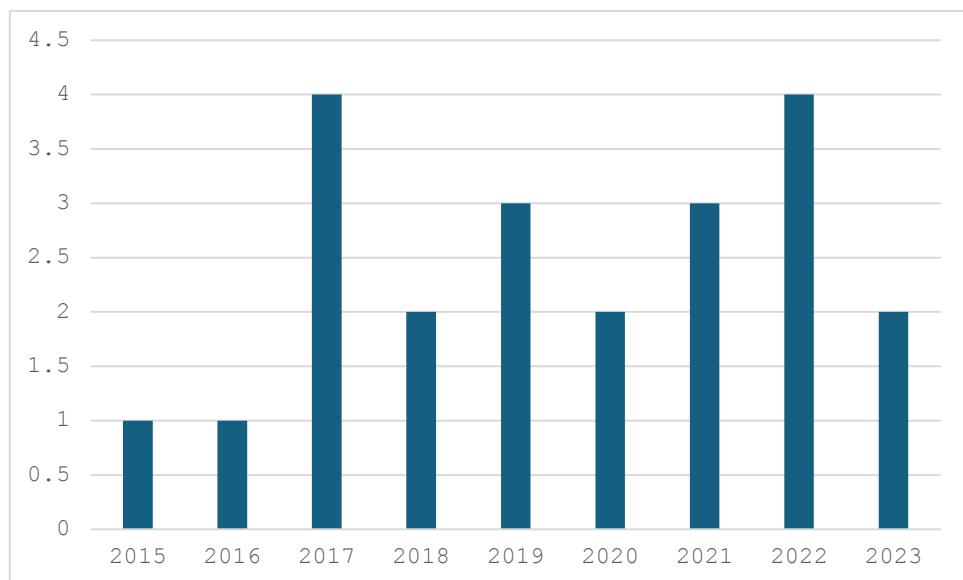
Por conseguinte, estarão os resultados da pesquisa de campo e aplicação da metodologia AMBITEC-Rural (Soares e Rodrigues, 2015) nos estabelecimentos selecionados. Os resultados estão organizados de forma a demonstrar a situação prévia a implementação dos SAFs, os principais indicadores que melhoraram e os que pioraram no momento após, e por fim, as principais diferenças entre os dois momentos. Além disto, foi realizada uma análise de *cluster* como forma de agrupar os semelhantes e auxiliar no diagnóstico.

7.1. Revisão sistemática da Literatura

No presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a busca nas bases de dados, informando o título do artigo, o fator de impacto JCR que a revista possui, ano de publicação, sendo estes, ordenados de acordo com a classificação final do cálculo do “In Ordinatio” (Quadro 2).

O Gráfico 1 abaixo apresenta a quantidade de artigos que foram publicados em cada ano durante o recorte temporal da pesquisa (2013-2023), com 11 publicações no período 2015-2019 e 11 publicações no período de 2020-2023. Nota-se que existem anos com aumento no número de publicações, como os picos em 2017 e 2022, em 2022 ocorreu o *5th World Congress on Agroforestry*, o que pode explicar o aumento nas publicações deste ano. Em 2020 foi decretada a pandemia mundial do COVID-19, tal fato pode explicar a baixa no número de artigos deste ano, da mesma forma, o ano de 2023 era relativamente recente durante a coleta de dados e podem ter artigos que foram submetidos no ano de 2023 e que foram publicados posteriormente a coleta.

Gráfico 1 - Distribuição das publicações ao longo dos anos



Fonte: Elaboração Própria

Os valores da classificação In Ordinatio, representadas no Quadro 2, são a aplicação prática da equação, na qual mensura os aspectos relacionados ao número de citações, fator de impacto e ano de publicação.

Quadro 2 - Resultado do protocolo de classificação do Methodi Ordinatio e classificação dos artigos selecionados

	Título do artigo	Autores	Revista/Período	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
1	Food-energy-water nexus of different cacao production systems from a LCA approach	Armenget. Laura; Beltrán. Maria J; Schneider. Monika; Simón. Xavier; Pérez-Neira. David.	Journal of Cleaner Production	2,058	45	2021	53,002058
2	A paradigm shift to CO2 sequestration to manage global warming – With the emphasis on developing countries	Bhattacharyya. S.S.. Leite. F.F.G.D.. Adeyemi. M.A.. ... Iqbal. H.M.N.. Parra-Saldívar. R.	Science of the Total Environment	1,998	39	2021	47,01998
3	Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology	Bellon-Maurel. V.. Huyghe. C.	OCL - Oilseeds and fats. Crops and Lipids	0,411	39	2017	43,00411
4	Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production	Schnabel. F.. de Melo Virginio Filho. E.. Xu. S.. ... Roupsard. O.. Haggard. J.	Agroforestry Systems	0,508	27	2018	32,000508
5	Smallholder response to environmental change: Impacts of coffee leaf rust in a forest frontier in Mexico	Valencia. V.. García-Barrios. L.. Sterling. E.J.. ... Meza-Jiménez. A.. Naeem. S.	Land Use Policy	1,847	26	2018	31,01847
6	Farmer's knowledge and perception of diversified farming systems in sub-humid and	Segnon. A.C.. Achigan-Dako. E.G.. Gaoue. O.G.. Ahanchédé. A.	Sustainability (Switzerland)	0,672	29	2015	31,00672

	semi-arid areas in Benin						
7	The hidden land conservation benefits of olive-based (<i>Olea europaea</i> L.) landscapes: An agroforestry investigation in the southern Mediterranean (Calabria region, Italy)	Brunori. E.. Maesano. M.. Moresi. F.V.. ... Biasi. R.. Scarascia Mugnozza. G.	Land Degradation and Development	1,159	19	2020	26,01159
8	Nutrient saturation of crop monocultures and agroforestry indicated by nutrient response efficiency	Schmidt. M.. Corre. M.D.. Kim. B. ... Setriuc. S.. Veldkamp. E.	Nutrient Cycling in Agroecosystems	0,79	17	2021	25,0079
9	Assessment of the environmental impact and economic performance of cacao agroforestry systems in the Ecuadorian Amazon region: An LCA approach	Caicedo-Vargas. C.. Pérez-Neira. D.. Abad-González. J.. Gallar. D.	Science of the Total Environment	1,998	16	2022	25,001998
10	How do management techniques affect carbon stock in intensive hardwood plantations?	López-Díaz. M.L.. Benítez. R.. Moreno. G.	Forest Ecology and Management	1,197	16	2017	20,01197
11	Environmental impact assessments of integrated food and non-food production systems in Italy and Denmark	Lehmann. L.M.. Borzęcka. M.. Żyłowska. K.... Russo. G.. Ghaley. B.B.	Energies	0,651	13	2020	20,000651

1 2	Beef cattle farms' conversion to the organic system. Recommendations for success in the face of future changes in a global context	Escribano. A.J.	Sustainability (Switzerland)	0,672	16	2016	19,00672
1 3	Carbon accounting in European agroforestry systems – Key research gaps and data needs	Golicz. K.. Bellingrath-Kimura. S.. Breuer. L.. Wartenberg. A.C.	Current Research in Environmental Sustainability	0,966	8	2022	17,000966
1 4	Environmental impact of grass-based cattle farms: A life cycle assessment of nature-based diversification scenarios	O'Brien. D.. Markiewicz-Keszycka. M.. Herron. J.	Resources. Environment and Sustainability	2,37	4	2023	14,0237
1 5	Environmental and socioeconomic assessment of agroforestry implementation in Iran	Kheiri. M.. Kambouzia. J.. Sayahnia. R. ... Mahdavi Damghani. A.. Azadi. H.	Journal for Nature Conservation	0,666	4	2023	14,00666
1 6	The impacts of agroforestry on soil multi-functionality depending on practices and duration	Li. S.. Gong. S.. Hou. Y.. Li. X.. Wang. C.	Science of the Total Environment	1,998	5	2022	14,001998
1 7	Increased som stocks in a seven-year-old agroforestry system in central Switzerland	Seitz. B.. Carrard. E.. Burgos. S. ... Jäger. M.. Sereke. F.	Agrarforschung Schweiz	0,144	9	2017	13,000144
1 8	Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest. agroforestry and coffee monoculture systems	Cristóbal-Acevedo. D.. Tinoco-Rueda. J.Á.. Prado-Hernández. J.V.. Hernández-Acosta. E.	Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente	0,237	6	2019	12,000237

1 9	Ecosystem service of carbon stored in coffee plantations under shade in agroforestry systems	Valdés-Velarde. E.. Vázquez-Domínguez. L.P.. Tinoco-Rueda. J.Á.. ... Salcedo-Pérez. E.. Lagunes-Fortiz. E.	Revista Mexicana de Ciencias Agricolas	0,145	0	2022	9,000145
2 0	Influence of the configuration and heterogeneity of the agroforestry and silvopastoral mosaics on the bird community. andean amazon of colombia	Velásquez-Valencia. A.. Bonilla-Gomez. M.A.	Revista de Biología Tropical	0,268	2	2019	8,000268
2 1	Economic analyzes of conventional orange. ic and agroforestry systems in Southern Brazil	Belarmino. L.C.. Garcia. E.C.. Pasbsdorf. M.N.. de Oliveira. I.P.. Belarmino. A.J.	Custos Agronegocio e	0,189	2	2019	8,000189
2 2	Assessment of mite fauna in different coffee cropping systems in Brazil	Peixoto. M.L.. Fernandes. L.G.. Carvalho. M.A.C.. ... Putti. F.F.. Reis. A.R.D.	Biocontrol Science and Technology	0,462	2	2017	6,000462

Fonte: Elaboração própria

Nota-se que a equação valoriza os artigos mais recentes e com maior número de citações, desta forma ranqueando a relevância de cada um deles. O que vai de acordo com a intenção da pesquisa, de forma dar uma maior relevância a temáticas inovadoras, sendo os trabalhos considerados “clássicos” mais abordados no capítulo de revisão da literatura.

Como forma de organização e esclarecimento da revisão sistemática da literatura, o Quadro 3 representa os artigos selecionados e seus respectivos objetivos.

Quadro 3 - Organização e sistematização dos artigos escolhidos e seus objetivos

Nome do artigo	Objetivos
1 Influence of the configuration and heterogeneity of the agroforestry and silvopastoral mosaics on the bird community, andean amazon of colombia	O objetivo deste estudo foi determinar os padrões de distribuição da riqueza, abundância e diversidade da comunidade de aves dentro da configuração e composição de paisagens agroflorestais e silvopastoris.
2 Food-energy-water nexus of different cacao production systems from a LCA approach	Este estudo propõe como objetivo uma avaliação do nexo alimento-energia-água (FEWn), complementada por uma análise de ciclo de vida (ACV) detalhada de quatro sistemas de produção de cacau jovens: duas monoculturas em pleno sol e dois sistemas agroflorestais, um sob gestão convencional e o outro orgânica.
3 Economic analyzes of conventional orange, ic and agroforestry systems in Southern Brazil	O objetivo deste estudo é investigar a importância da tecnologia sustentável no agronegócio para mitigar o impacto negativo das atividades económicas no meio ambiente, comparando diferentes tipos de cultivo da laranja (convencional, orgânico e agroflorestal).
4 Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology	Este artigo explora o papel que os equipamentos agropecuários e os serviços digitais podem desempenhar no processo de transição de uma agricultura convencional para agroecológica.
5 Increased soil organic matter stocks in a seven-year-old agroforestry system in central Switzerland	O objetivo deste estudo é analisar as mudanças nos estoques de matéria orgânica do solo (MOS) em um sistema agroflorestal com sete anos de idade na Suíça central.
6 The hidden land conservation benefits of olive-based (<i>Olea europaea</i> L.) landscapes: An agroforestry investigation in the southern Mediterranean (Calabria region, Italy)	O objetivo deste estudo foi abordar os benefícios ambientais mensuráveis dos sistemas agroflorestais à base de oliveiras em termos de (a) estrutura da paisagem, transformação e risco de degradação causado por deslizamentos e incêndios florestais; (b) qualidade do solo; e (c) qualidade ambiental.
7 Carbon accounting in European agroforestry systems – Key research gaps and data needs	O presente estudo possui o objetivo de revisar as lacunas de pesquisa e as necessidades de dados que constituem barreiras para a implementação em grande escala da agrofloresta e para uma melhor contabilização de carbono em regiões temperadas, com foco na Europa.
8 Environmental and socioeconomic assessment of agroforestry implementation in Iran	O objetivo deste estudo foi avaliar onde e em que medida as terras agrícolas do Irã estavam sujeitas a pressões ambientais e socioeconómicas crescentes que poderiam ser aliviadas por meio da implementação de práticas agroflorestais.
9 The impacts of agroforestry on soil multi-functionality depending on practices and duration	O objetivo foi comparar a multifuncionalidade do solo em sistemas agroflorestais com florestas naturais, através de um experimento de campo e uma meta-análise em escala global. Tendo como objetivos secundários observar: 1) como a agrofloresta afetou a multifuncionalidade do solo em um único estudo de campo e em escala global; 2) se os efeitos da agrofloresta na multifuncionalidade do solo mudaram em diferentes práticas agroflorestais; 3) se os efeitos da agrofloresta na multifuncionalidade do solo variaram com as condições ambientais.
10 How do management techniques affect carbon stock in intensive hardwood plantations?	O objetivo deste estudo é identificar as boas práticas de manejo para os sistemas intensivos de produção de madeira de qualidade, a fim de otimizar o estoque de carbono no solo e a produtividade das plantações.

Assessment of mite fauna in 1 different coffee cropping 1 systems in Brazil	Este estudo visou avaliar as populações de ácaros a partir de levantamentos em pomares comerciais de café (<i>Coffea arabica</i>) geridos de diferentes maneiras. Quatro sistemas de cultivo diferentes foram comparados: um sistema convencional (SC), sistema sem pesticidas (SSP), sistema orgânico (SO) e sistema agroflorestal orgânico (SAO).
Nutrient saturation of crop monocultures and agroforestry 1 indicated by nutrient response 2 efficiency	O objetivo foi determinar se a conversão de monoculturas agrícolas para agrofloresta em plantio em faixas aumenta a eficiência de resposta a nutrientes (ERN), ou seja, a capacidade das plantas de converter nutrientes disponíveis em biomassa.
Shade trees: a determinant to the relative success of organic 1 versus conventional coffee 3 production	Examinar um experimento de longo prazo (15 anos) estabelecido na Costa Rica em 2000 e comparar a produção de café convencional intensivo (IC) sob pleno sol com 19 sistemas agroflorestais que combinam espécies arbóreas e de serviços com características contrastantes, com gestões convencionais e orgânicas de diferentes intensidades.
Farmer's knowledge and perception of diversified 1 farming systems in sub-humid 4 and semi-arid areas in Benin	Investigar os fatores que influenciam o conhecimento dos agricultores sobre manejo da agrobiodiversidade e analisar como esse conhecimento e os contextos agrícolas atuais podem guiar sistemas agrícolas futuros em áreas subúmidas (Bassila) e semiáridas (Boukoumbé) do Benin.
Ecosystem service of carbon stored in coffee plantations 1 under shade in agroforestry 5 systems	O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de sequestro de carbono na biomassa aérea das plantas, na serrapilheira e na matéria do solo em diferentes profundidades do solo em cinco diferentes sistemas agroflorestais de café na região produtora de café de Huatusco, Veracruz, México.
Smallholder response to environmental change: Impacts 1 of coffee leaf rust in a forest 6 frontier in Mexico	O presente estudo investiga a resposta dos agricultores ao surto de ferrugem através de um estudo em produtores que residem na fronteira florestal de uma Reserva da Biosfera em Chiapas, México.
Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest, 1 agroforestry and coffee 7 monoculture systems	O objetivo foi determinar o carbono e o nitrogênio no solo em função do tipo e magnitude da cobertura vegetal dos sistemas de floresta nuvem montanhosa tropical (TMCF), monocultura de café em pleno sol (FSCM), sistema agroflorestal de café como uma policultura tradicional (CASTP) e sistema agroflorestal de café como uma policultura comercial (CASCP).
A paradigm shift to CO2 sequestration to manage global warming – With the 1 emphasis on developing 8 countries	Resumir uma perspectiva global, focando em 5 países em desenvolvimento (DC) (Bangladesh, Brasil, Argentina, Nigéria e México) devido à sua importância no orçamento global de carbono e no setor agrícola, bem como ao impacto produzido por várias práticas globais, como a aragem, os sistemas agroflorestais, silvopastoril e 4p1000 no sequestro de CO2.
Assessment of the environmental impact and economic performance of cacao agroforestry systems in the Ecuadorian Amazon region: 9 An LCA approach	O principal objetivo desta pesquisa é realizar uma análise comparativa entre os sistemas agroflorestais, sob manejo Convencional e sistemas sob o manejo Orgânico.
Beef cattle farms' conversion to the organic system.	
Recommendations for success 2 in the face of future changes in 0 a global context	O presente artigo analisa as chances de sucesso das fazendas após a conversão dos sistemas agroflorestais diante das mudanças globais, sob uma perspectiva de mercado e política.

Environmental impact assessments of integrated food and non-food production systems in Italy and Denmark	Identificar e caracterizar seis sistemas de produção, quatro na Itália e dois na Dinamarca, para avaliar o impacto ambiental, como forma de comparação entre os sistemas de produção agroflorestal e, adicionalmente, com os sistemas de produção convencionais.
Environmental impact of grass-based cattle farms: A life cycle assessment of nature-based diversification scenarios	Três opções de diversificação baseadas na natureza recomendadas para fazendas de gado foram examinadas neste estudo: pastagens mistas de grama e trevo branco (GWC), agricultura orgânica (OFS) e agrofloresta (AGF).

Fonte: Elaboração Própria

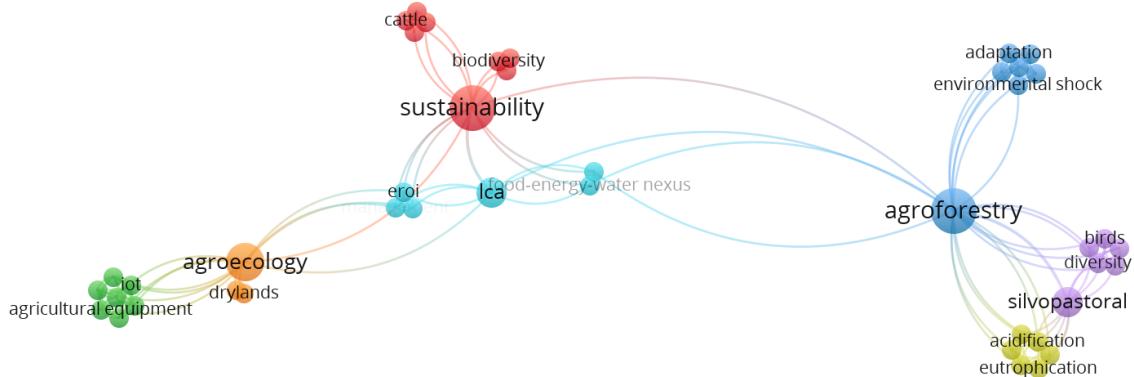
Nota-se que os objetivos de diversos trabalhos estão relacionados a comparar o desempenho e os impactos da produção convencional com os sistemas agroflorestais. Tal comparação geralmente é feita de forma a relacionar aspectos de produtividade e de impacto ambiental, onde os SAFs têm um maior impacto ambiental positivo, assim como a nível de paisagem e mosaico.

Uma das lacunas metodológicas foi de inserir os SAFs nos sistemas de produção familiar, de forma que poucos artigos exploraram tais conceitos. Outro ponto importante foi identificar algumas lacunas dentro da aplicação, implementação e manejo dos SAFs, como por exemplo a utilização de maquinários e a inovação tecnológica alinhada as práticas tradicionais, assim como questões relacionadas ao combate fitossanitário no manejo agroecológico.

7.1.1. Mapa de Palavras-chave

Os artigos selecionados de acordo com o protocolo de MO, foram processados pelo software Mendeley, e os dados bibliográficos processados no software VosViewer. Desta forma, uma análise de co-ocorrência (Figura 3) foi realizada utilizando como critério as palavras-chave dos artigos selecionados, resultando na identificação dos temas em 7 clusters.

Figura 3 - Visualização do mapa de co-ocorrência de palavras-chave dos artigos



Fonte: Elaboração própria

Os principais termos que aparecem em destaque são: Sustentabilidade (Vermelho), Agrofloresta (Azul) e Agroecologia (Laranja), demonstrando assim, os principais eixos da pesquisa. Abordando diversos aspectos dos impactos socioambientais da implementação dos sistemas agroflorestais em sistemas de manejo orgânico, sua comparação com os sistemas convencionais, as contribuições para o aumento dos estoques de carbono no solo, sobre integração sistemas agrossilviculturais, a questão de combate a eutrofização e acidificação dos solos entre outras temáticas.

O *cluster* verde está relacionado com a inovação e modernização dos sistemas agroflorestais, relacionando agricultura digital, de precisão e principalmente os equipamentos. Embora a agroecologia e os sistemas agroflorestais estejam intrinsecamente relacionados com os conhecimentos tradicionais, a tecnologia e os avanços devem avançar em comum acordo, de forma a facilitar o manejo e a lida da agricultura por estes, de acordo com a discussão promovida por Maurel e Huyghe (2022).

O *cluster* laranja tem como principal temática a agroecologia enquanto modelo e prática agrícola. O *cluster* azul claro está relacionado com o manejo, as práticas dentro da agricultura orgânica, assim como as metodologias de avaliação como o Nexus e o LCA. O verbete da agroecologia está relacionado com a inovação do *cluster* laranja, enquanto a sustentabilidade está mais próxima do *cluster* azul claro.

O *cluster* vermelho está relacionado com a sustentabilidade, diversificação dos sistemas de produção, meio ambiente, e biodiversidade. Tais termos estão intrinsecamente

relacionados com os princípios do manejo agroecológico, assim como, são os princípios norteadores dos sistemas agroflorestais identificado pelo grande número de links entre os temas.

O *cluster* azul escuro possui no seu cerne, o tema da agrofloresta e se relacionando com os temas de adaptação, autonomia e conservação florestal. De tal forma, onde a agrofloresta está é percebida pelos estudos como uma forma colaborar com a adaptação, a promoção da autonomia das famílias de agricultores, assim como conciliar a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais.

O *cluster* roxo tem como tema os sistemas silvipastoris, diversidade, riqueza e paisagens das quais são percebidas como estratégias que permitem aos sistemas agroflorestais uma maior atuação que apenas a produção de frutas e legumes. Enquanto o *cluster* amarelo é identificado pelos temas de acidificação, desertificação e potencial para o aquecimento global, onde os SAFs se relacionam por proporcionarem uma alternativa de combate a tais efeitos.

7.1.2. Compilado das informações:

Conforme disposto nos Quadro 2 e Quadro 3, é evidenciado que a literatura encontrada apresenta uma heterogeneidade de resultados e aplicações dos sistemas agroflorestais em diferentes cultivos. Muitos artigos se propõem a comparar ou analisar a produção agroflorestal com produções convencionais e orgânicas, auxiliando no desenvolvimento de melhores práticas dentro da agricultura, os impactos ambientais da adoção de tais sistemas, as alterações sociais que estes modelos propõem e comparações de desempenho financeiro entre os sistemas, de forma a auxiliar na tomada de decisão, na formulação de políticas públicas e na identificação de lacunas para as próximas pesquisas avançarem.

7.1.3. Aspectos relacionados ao Manejo:

Em um estudo comparando a produção de cacau (*Theobroma cacao* L.) sobre diferentes tipos de manejos (orgânico, convencional, monocultura e sistema agroflorestal), Armengot *et al.* (2021) discute sobre como a produção agroflorestal, mesmo sobre o manejo convencional, possuiu melhores índices de eficiência energética do que modelos orgânicos convencionais ou em orgânicos por substituição de insumos, como classifica Primavesi (2008). Tendo em vista o processo de transição de modelos agroflorestais convencionais para modelos orgânicos é algo relativamente fácil, e que acarreta a melhora considerável dos impactos ambientais positivos, como por exemplo, a manutenção de um estrato arbóreo auxilia nos estoques de carbono do solo e no bem-estar animal (Escribano, 2016; O'Brien Markiewicz-Keszycka e Herron, 2023).

A monocultura sob manejo convencional possuiu os maiores impactos negativos nos parâmetros ambientais. Índices como eficiência energética, estoques de carbono, aumento da biodiversidade e maior disponibilidade de serviços ecossistêmicos apresentaram nos sistemas agroflorestais sob manejo orgânico a sua melhor performance (Armengot *et al.*; 2016).

Em relação ao manejo, (Caicedo-Vargas *et al.*, 2021; O'Brien, Markiewicz-Keszycka, Herron, 2023) identificaram que os sistemas agroflorestais em manejo orgânico possuíam melhores indicadores ambientais e econômicos que os plantios de SAFs feitos sob o manejo convencional, demonstrando assim, a importância de alinhar os sistemas agroflorestais com os princípios do manejo agroecológico e orgânico. Entretanto, Caicedo-Vargas *et al.* (2021) também identificaram que os índices econômicos tiveram um baixo desempenho em ambos os manejos, e que tal fator pode ser preponderante na escolha dos sistemas convencionais por agricultores.

Bhattacharyya *et al.* (2021) descreveram como o processo de conversão de pastagens em sistemas ILPF, com a agregação de árvores às pastagens, possuem um enorme potencial para aumentar os estoques de carbono no setor agropecuário. Escribano (2016) descreveu que sistemas agrosilvipastoris integrados com a produção animal, possuem grande potencial para a redução do impacto ambiental ao mudarem o manejo do convencional para o orgânico.

Em relação ao manejo, López-Díaz, Benítez, Moreno (2017) destacam que os estoques de carbono no solo são mais sensíveis a mudanças na forma como é feito o manejo.

Enquanto (Lehmann *et al.* 2020; Li *et al.* 2022) demonstram que o impacto ambiental de cada sistema de produção está intrinsecamente ligado ao manejo do sistema de produção, os manejos e as práticas adotas pelos sistemas agroflorestais, assim como o tempo de implementação e o estágio que se encontram.

Houve uma infestação de ferrugem (*Puccinia* spp) que afetou drasticamente pequenos agricultores de café no México, com cultivos de base agroflorestal sob o manejo agroecológico, onde, devido as perdas de produtividade, acabaram por optar pelo pacote tecnológico convencional com variedades geneticamente modificadas, demonstrando assim, a lacuna na pesquisa de combate fitossanitário por meio de insumos biológicos e/ou orgânicos (Valencia *et al.*, 2018).

7.1.4. Análises econômicas:

Armengot *et al.* (2016) discute ainda sobre como os custos de insumos são menores nos sistemas agroflorestais, combinados com políticas de venda certificada orgânica, e por meio de cooperativas. Neste contexto, os agricultores conseguem valorizar economicamente o seu produto, de forma a torná-lo economicamente atrativo, e com isso incentivar as mudanças para um sistema baseado em práticas mais ecológicas.

Dentre os fatores discutidos, alguns estudos (Schnabel *et al.*, 2018; Armengot *et al.*; 2016; Belarmino *et al.* 2019) destacam que os mercados orgânicos possuem valores de venda maiores, portanto, a colaboração de redes em cooperativas e a entrada nos mercados orgânicos de maior valor agregado, possuem um grande potencial para aumento dos índices financeiros das famílias de agricultores.

Belarmino *et al.* (2019) ressalta a necessidade de se gerar estudos que identifiquem os custos das externalidades positivas que os sistemas agroflorestais e de manejo orgânico possuem, ao incorporar a melhora de índices ambientais e sociais, como forma de reduzir os custos nos sistemas de produção e das falhas de mercado existentes.

7.1.5. Avaliações sociais

Existe uma visão equivocada na qual percebe a agroecologia como um contraponto a inovação tecnológica e ao uso de maquinário. Embora esteja enraizada no conhecimento tradicional, (Maurel e Huyghe, 2017; Golicz *et al.* 2022) propõem que a transição agroecológica seja impulsionada pelo uso de maquinários e pela inovação tecnológica, de forma a tornar os plantios mais eficientes, sem impactar negativamente o ambiente e de forma a facilitar o manejo dos agricultores.

Segnon *et al.* (2015) utiliza de conceituação na qual percebe o conhecimento acerca das espécies locais e do seu manejo como o principal insumo que guia os agricultores a adotarem ou não sistemas agroflorestais diversos, demonstrando, a importância de programas de transferência de conhecimento e no investimento em assistência técnica direcionada. Golicz *et al.* (2022) salienta também, a necessidade de padronização dos protocolos de pesquisa, assim como, melhorar o acesso e a integração às informações e dados como forma de avançar com o conhecimento agroecológico.

A partir do pressuposto de que os sistemas agroflorestais serão mais eficientes em territórios susceptíveis a vulnerabilidade social e ambiental, Kheiri *et al.* (2023) propuseram uma metodologia de avaliação de locais onde a aplicação dos SAFs seria mais eficiente em termos de impacto socioambiental positivo, auxiliando o processo de desenvolvimento de políticas públicas, principalmente em áreas áridas e semiáridas.

7.1.6. Aspectos ambientais

Os sistemas agroflorestais baseados no manejo agroecológico utilizam os processos ecossistêmicos como uma alternativa ao alto uso de insumos externos e de insumos de origem química (Valencia *et al.*, 2018; Bhattacharyya *et al.*, 2021; Li *et al.* 2022), o que pode se traduzir em uma maior autonomia das famílias, ao não depender de insumos externos e nem deixar o mercado exercer pressão na escolha dos cultivos (Ploeg, 2012)

Com a crescente preocupação nas mudanças climáticas e sobre as emissões de GEE, em relação aos estoques e a dinâmica do carbono para o setor agropecuário, Bhattacharyya

et al. (2021) encontraram que, para os países de economias em desenvolvimento, os sistemas agroflorestais possuem o maior potencial de sequestro e aumento dos estoques estáveis de carbono no sistema solo-planta, assim como, apresentam os SAFs como a melhor alternativa para o cumprimento do acordo de Paris e dos ODS.

Quando em comparação, sistemas convencionais com sistemas agroflorestais, Schmidt *et al.* (2021) concluíram que a eficiência de resposta nutricional das plantas (ou seja, o quanto de insumos está sendo de fato aproveitado e quanto é desperdiçado) possuem níveis semelhantes entre os SAFs e os modelos convencionais. Li *et al.* (2022) reforçam que os efeitos dos sistemas agroflorestais no solo dependem das práticas adotadas, o manejo e o aumento da biodiversidade, não apenas do sistema de plantio. Enquanto, Valencia *et al.* (2018) descrevem os processos ecológicos no manejo agroflorestal como uma alternativa ao alto uso de insumos externos.

Dentre os fatores ambientais responsáveis pelo aumento na produtividade do café (*Coffea arábica* L.), Schnabel *et al.*, (2018); Lopéz-Díaz, Benítez, Moreno, (2017) destacam o uso de árvores leguminosas dentro dos sistemas de plantio, com podas frequentes, como uma alternativa de baixo uso de insumos e com ótimos resultados no aumento de Nitrogênio disponível e na produtividade. Os sistemas de café que incluem árvores possuem um melhor armazenamento de carbono e nitrogênio no solo, assim como impacto ambiental positivo pelo sequestro do carbono atmosférico (Cristóbal-Acevedo *et al.* 2019; Valdés-Velade *et al.* 2022).

Em relação aos aspectos ambientais, os sistemas agroflorestais possuem a capacidade de prevenção em relação a degradação das áreas, principalmente em áreas vulneráveis a pressões ambientais como incêndios e deslizamentos. Destaca-se também os serviços ecossistêmicos relacionados a altas taxas de biodiversidade dos SAFs, aumento nos estoques de carbono do solo, aumento na capacidade de filtração e percolação da água e na redistribuição de nutrientes por meio da serrapilheira (Brunori *et al.*, 2020; Schimidt *et al.* 2021)

Em relação aos estoques de carbono no solo, diversos estudos demonstraram que os sistemas agroflorestais contribuem para o aumento significativo nas taxas de matéria orgânica do solo e dos estoques de Carbono e Nitrogênio no solo. (Golizc *et al.*, 2022; Lopéz-Dias, Benítez, Moreno, 2017; Li *et al.* 2022; Cristóbal-Acevedo *et al.*, 2019).

Entretanto, Seitz *et al.* (2017) destacaram que, pelo uso de espécies arbóreas nos sistemas, o aumento nas taxas de matéria orgânica do solo não se limitava a parte superficial, sendo possível perceber esse aumento na camada abaixo dos 60cm.

Ao comparar diferentes modelos de produção (pasto, silvipastoril e agroflorestal), Velásquez-Valencia e Bonilla-Gomez (2019) constataram que em termos gerais, a riqueza, diversidade e equitatividade das comunidades de pássaros na Amazônia Colombiana tiveram maiores resultados nos sistemas agroflorestais. Portanto, um impacto positivo dos SAFs está na relação com uma maior diversidade de espécies de aves e habitat para diferentes espécies.

Em relação a regulação fitossanitária e de pragas, Peixoto *et al.* (2017) encontrou o menor número de ácaros nos sistemas agroflorestais, quando comparados a sistemas convencionais e orgânicos por substituição de insumos, devido a uma maior diversidade de espécies e pelo controle natural por predadores. Portanto, as práticas e manejos baseados nos processos ecossistêmicos favorece os ácaros predatórios, dos quais se alimentam de possíveis pragas para as culturas de desejo.

Portanto, a revisão sistemática da literatura utilizando o “Methodi Ordinatio” pôde informar que os sistemas agroflorestais, principalmente pautados pelo manejo agroecológico e com práticas orgânicas, apresentam diversos impactos positivos nos indicadores ambientais, sociais e econômicos, quando comparados aos sistemas convencionais de produção de alimentos. Os artigos analisados destacam a capacidade dos SAFs de aumentar os estoques de carbono, promover o aumento da biodiversidade, melhorar a eficiência energética e uso de insumos, e reduzir os impactos ambientais negativos oriundos da atividade agropecuária. Ademais, os SAFs demonstraram ser uma ótima opção para regiões vulneráveis (seja por indicadores sociais ou ambientais), contribuindo com a segurança alimentar e resiliência socioeconômica das famílias.

Embora os artigos selecionados investiguem de forma isolada os diferentes aspectos e indicadores associados aos sistemas agroflorestais, apresentando avanços e resultados de maneira fragmentada, esta pesquisa propõe uma abordagem transdisciplinar e holística. O intuito é integrar e analisar conjuntamente todos esses elementos, unificando os resultados em torno dos sistemas agroflorestais e sistematizando os progressos obtidos, de modo a oferecer uma compreensão mais ampla e interligada do tema.

Os principais desafios na prática da agrofloresta estão associadas aos custos elevados de insumos e maquinários e dificuldades com o escoamento da produção diminuindo a rentabilidade, assim como, as principais lacunas de pesquisa estão relacionadas com as problemáticas do manejo fitossanitário sem utilização de insumos químicos e no controle biológico. Evidenciando a necessidade de políticas públicas direcionadas a maior apoio técnico e financeiro para a agricultura familiar e/ou em transição.

Este conjunto de evidências reforça a importância de priorizar os sistemas agroflorestais em estratégias globais para o desenvolvimento sustentável, ao promover práticas que alinhem produtividade agrícola com conservação ambiental e equidade social.

7.2. Resultados AMBITEC

Esta seção tem como objetivo integrar os resultados das entrevistas semiestruturadas com as famílias de agricultores e a posterior interpretação e análise dos resultados. Foi realizada uma caracterização e organização dos produtores, assim como a avaliação do AMBITEC-Agro, com os momentos *ex ante* e *ex post* à implantação do agroecossistema e a diferença entre os dois momentos. Posteriormente é realizada uma análise de *cluster* como forma de compreender similaridades e diferenças entre os impactos em cada conjunto de territórios e consequentemente, fatores que influenciam essas possíveis divergências.

7.2.1. Caracterização e organização dos produtores

O esforço amostral foi determinado por quatorze produtores rurais, em assentamentos ou pré-assentamentos da reforma agrária, classificados como integrantes da agricultura familiar e que possuem sistemas agroflorestais ou estão realizando a transição agroecológica na região da bacia do Descoberto. Tal região possui uma grande importância ambiental, pois é responsável por 60% do abastecimento hídrico do DF.

Conforme demonstrado no Quadro 4 a maioria dos produtores recebeu seu primeiro sistema agroflorestal por meio de projetos socioambientais de recuperação do território durante os anos de 2017 e 2019. Todos estão localizados na Região Administrativa de Brazlândia, no núcleo Alexandre Gusmão, pertencente no bairro do INCRA 6 e 7, área com

aptidão agrícola destinada a reforma agrária. Devido a forma como os assentamentos são estabelecidos pelo INCRA, cada família recebeu 5 hectares, módulo fiscal rural no Distrito Federal, para realização da atividade agrícola familiar.

Portanto, a partir da definição dos produtores, os quais são beneficiários do projeto atual executado pelo Centro Internacional de Água e Transdisciplinaridade – CIRAT, com financiamento da Fundação Banco do Brasil. Cada agroecossistema constitui como unidade amostral do estudo, as visitas e entrevistas foram realizadas como forma de mensurar os impactos socioambientais no agroecossistema, antes e depois da adoção da tecnologia (que nesse caso são os sistemas agroflorestais). As saídas de campo inicialmente tinham o propósito de apresentar o projeto, e posteriormente, coletar os dados que eram levantados por meio de questionário semiestruturado, conforme apresentado na metodologia.

Quadro 4 - Matriz de classificação dos produtores e caracterização das atividades realizadas nos assentamentos da Bacia do Descoberto – DF

Produtores	Área total da propriedade	Início da atividade	Atividades na propriedade
Produtor 1	5 ha	2017	Possui criação de animais (galinhas, porcos e patos), assim como produção de hortifrutícola em sistema agroflorestal, tal como o plantio de culturas anuais, classificadas como de roça (milho, abóbora, mandioca etc.). A principal forma de comercialização se concentra na forma de Comunidades que sustentam a agricultura (CSA) e ainda não possuem a certificação orgânica.
Produtor 2	5 ha	2018	Possui produção de fruticultura em sistema agroflorestal, produção de hortaliças, produção animal para autossuficiência (porcos) e para comercialização de ovos (galinhas), assim como o plantio de culturas anuais como milho feijão e abóbora. Possui uma CSA, assim como faz entrega de produtos por meio do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e participa da feira agroecológica da ponta norte.
Produtor 3	5 ha	2016	Possui um pomar agroflorestal, ou sistema agrossilvicultural, do qual é o único que não fez a implementação por meio do projeto da WWF. O foco da produção é na fruticultura e com uma pequena criação animal de galinhas para a autossuficiência. Costuma comercializar diretamente para vizinhos, em feiras e está começando a se inserir no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Produtor 4	5 ha	2018	Tem produção focada em horticultura e fruticultura, com as hortaliças sendo plantadas nas entrelinhas das árvores frutíferas e de culturas de roça como milho e mandioca. Em um primeiro momento, a produção era voltada para a autossuficiência, porém, após a implementação do SAF começaram a escoar as vendas para restaurantes parceiros e em feiras.
Produtor 5	5 ha	2002	Possui um pomar produtivo com goiabas, graviola e bananas, possuem criação animal de galinhas, tanto para autossuficiência quanto para a comercialização de ovos, assim como plantios de culturas anuais como milho e mandioca. Recentemente foram beneficiárias de editais do PAA.
Produtor 6	5 ha	2020	Faz o plantio de milho anualmente na época das chuvas, possui um pequeno pomar de bananas, um pequeno pomar de laranjas e está em processo de estruturar o galinheiro no qual pretende ser a principal atividade produtiva da chácara. Houve algumas vendas diretas de milho e laranja.
Produtor 7	5 ha	2018	Possui produção de fruticultura nas linhas de árvores do SAF, também produz horticultura nas entrelinhas do sistema agroflorestal, e por fim produz culturas anuais como milho e abóbora na época das chuvas. Possui um CSA em conjunto com outros agricultores do assentamento, assim como comercializa diretamente com vizinhos e em feiras.
Produtor 8	5 ha	2019	Sua atividade produtiva está focada na produção de hortifruti e na criação animal (galinhas), com as linhas de frutíferas dentro do SAF e as hortaliças sendo produzidas nas entrelinhas do sistema. Atualmente, a renda da família vem majoritariamente da agricultura, por meio de um CSA e das entregas ao Programa de Aquisição de Alimentos - PAA, e em menor parte na venda direta para outros agricultores do assentamento.
Produtor 9	5 ha	2017	. A produção de alimentos dessa família é voltada principalmente para a produção de hortaliças, frutíferas, culturas anuais e criação animal (galinhas e porcos). As frutíferas se encontram nos módulos do SAF, enquanto as hortaliças são produzidas em outros módulos. A produtora participa de comercialização de produtos por meio de programas governamentais como PNAE e PAA, participa da venda direta ao consumidor, assim como indireta vendendo aos produtores vizinhos, e por fim comercializa a sua produção em modelos de Comunidade que sustenta a agricultura - CSA, onde produz cestas de alimentos que são entregues semanalmente.

Produtor 10	5 ha	2018	A família produz uma grande variedade de produtos, sendo o principal a horticultura, com boa produção também de frutíferas, cultivos anuais de grãos e criação animal, onde atualmente contam com porcos e galinhas, porém já criaram ovelhas, bodes, carneiros e peixes em tanques. A hortaliça é produzida em módulos diferentes do SAF por conta do sombreamento. Atualmente, sua principal fonte de renda é a CSA que a família gera ao lado de outras duas famílias de produtores do mesmo assentamento, assim como, a venda direta na feira.
Produtor 11	5 ha	2018	A principal produção é no modelo agroflorestal, com produção de frutíferas e hortaliças dentro do sistema, possuía anteriormente uma criação de galinhas e que pretende retornar. A principal forma de comercialização se dá por meio das associações do território, assim como, venda direta para os colegas de trabalho.
Produtor 12	5 ha	2017	. A produção possui foco em horticultura e fruticultura, com as linhas de árvores dentro do sistema agroflorestal e as entre linhas com hortaliças, assim como de culturas anuais e criação animal com cavalos, porcos e galinhas, assim como iniciativas de bioconstrução. A principal forma de renda da família se aglutina na venda de cestas agroecológicas no CSA que possui em conjunto com outras famílias do assentamento, assim como, a venda direta em feiras e aos programas governamentais por meio das associações
Produtor 13	5 ha	2019	A produção da família é focada na criação animal e na fruticultura no sistema agroflorestal, com plantio de horticultura e do cultivo de grãos anuais (principalmente o milho) no período chuvoso, referente a criação animal atualmente possuem ovelha, galinhas e patos, e possuía anteriormente um tanque para criação de peixes. Sua principal forma de comercialização é a venda direta aos compradores, seja dos produtos agrícolas ou dos produtos pecuários.
Produtor 14	5 ha	2018	Sua produção é focada em horticultura e em fruticultura, dentro dos sistemas agroflorestais, assim como o cultivo anual de grãos (como o milho) e a criação animal, com galinhas e porcos. Atualmente sua principal forma de comercialização e geração de renda é um CSA que a família gera sozinha, com 30 Co agricultores de meia cota e 5 com cota inteira,

Fonte: Elaboração própria

Por meio do Quadro 4 acima, é possível perceber que os beneficiários possuem uma grande aptidão para a produção de hortaliças e legumes, de onde vem boa parte da renda. Culturas classificadas por eles mesmos como de roça (milho, abóbora, mandioca, feijão etc.) geralmente são plantadas no período chuvoso, onde a produção de hortaliças se demonstra mais difícil por conta das questões climáticas. É possível observar que existem duas formas de plantio que estão diretamente relacionadas com o manejo. Algumas famílias optam por produzirem as hortaliças em canteiros separados dos SAFs, devido ao sombreamento de algumas árvores, conforme demonstrado na Figura 4. Porém, existem famílias que optaram por realizar a poda das árvores com maior frequência, de forma a possibilitar a produção e hortaliças nas entrelinhas dos sistemas, conforme demonstra a Figura 5.

Figura 4 - Modelo de plantio onde a produção de hortaliças se encontra em um local diferente do Sistema agroflorestal



Fonte: Autor

Figura 5- Modelo de plantio onde a produção de hortaliças se encontra na entrelinha do Sistema agroflorestal



Fonte: Autor

As principais formas de comercialização no território são: a venda direta em feiras, a criação de Comunidades que Sustentam a Agricultura – CSA e mais recentemente, por meio da atuação em cooperativas e fortalecimento conjunto, as vendas para a administração direta nos programas como Programa de Aquisição de Alimentos - PAA e Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. Alguns dos agroecossistemas possuem também a criação animal, como forma de complementar a renda.

Alguns produtores possuem a produção de hortaliças nas entrelinhas dos sistemas agroflorestais, porém, o sombreamento de árvores ou a falta do manejo das podas frequentes, fizeram com que a produção de hortaliças tivesse que ser realocada em novos módulos.

7.2.2. Principais problemas enfrentados:

A ferramenta AMBITEC-Agro propõe em sua metodologia em um momento prévio a análise de impacto, que seja perguntado às famílias de agricultores quais são os três principais problemas enfrentados no desempenho da atividade em avaliação, que no caso são relacionados a questão da produção em sistemas agroflorestais com manejo agroecológico. Desta forma, o Quadro 5 abaixo busca organizar as informações obtidas.

Quadro 5 - Relação dos principais problemas enfrentados de acordo com as entrevistas realizadas

Principais Problemas enfrentados			
	Problema principal	Problema secundário	Problema terciário
Acesso a água	5	1	
Acesso a recursos financeiros e maquinário	5	7	4

Conhecimento e manejo dos SAFs/ assistência técnica orientada	3	1	4
Incêndios	1	2	3
Controle fitossanitário de doenças e pragas		3	1
Escoamento da produção			2

Fonte: Elaboração Própria

Dentre os principais problemas enfrentados, os problemas que tiveram maior ocorrência foram: acesso a água, combate e manejo do fogo no geral, acesso ou falta de recursos financeiros e ferramentas/maquinários adequados, conhecimento sobre os SAFs e seu manejo/acesso a assistência técnica orientada, controle fitossanitário de pragas e doenças e escoamento da produção.

A questão de acesso à água possui meandros específicos ao território, relacionados à disponibilidade para consumo e posteriormente, ao acesso a água para irrigação e para produção de alimentos no geral, tendo em vista que a região possui um clima de savana tropical, com uma época de seca, na qual sem irrigação, a produção principalmente de hortaliças é comprometida. Muitos dos agricultores quando chegaram nos agroecossistemas não tinham acesso a água para os cultivos e a água para consumo humano era coletada em outros locais. Apenas após os projetos tiveram a condição financeira de furar poços ou de construírem cisternas de captação de água.

O fogo, de acordo com os relatos dos agricultores, geralmente vem de incêndios de outras propriedades e acaba adentrando nos agroecossistemas, principalmente aquelas que estão nas bordas do assentamento com outros produtores convencionais. O combate ao fogo é algo de grande preocupação de todos os entrevistados, sendo observado que a prática de aceiro, ou a retirada de cerca de 5 metros da vegetação nas bordas do terreno é realizada por todos os entrevistados. Coletivamente, as entrevistas demonstraram que existe uma grande cooperação entre os agricultores no combate ao fogo em propriedades vizinhas, assim como, um treinamento e doação de material de combate pelo corpo de bombeiros e o Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – PREVFOGO.

Devido a questão relativa a um tempo mais longo de desenvolvimento das espécies arbóreas e frutíferas, onde as árvores frutíferas demoram em média de 3 a 5 anos para atingir a melhor produtividade, o fogo pode destruir os sistemas e acabar com o desenvolvimento de anos. O que, de acordo com as entrevistas, pode influenciar na vontade dos beneficiários de descontinuar com a produção agroflorestal e do manejo agroecológico. Portanto, este é um problema grave que deve ser combatido permanentemente.

A questão financeira, principalmente relacionada à falta dos recursos orçamentários e do acesso a maquinário adequado, se torna um grande desafio para os assentados da reforma agrária. Tendo em vista que muitos dos agricultores vêm de uma situação de vulnerabilidade social e financeira, os programas de financiamento e de créditos rurais se mostram essenciais para que ocorram mudanças significativas na realidade socioeconômica das famílias. Tendo em vista que o Plano Safra para a agricultura familiar foi retomado na gestão de 2023/2024, de acordo com o Governo Federal foram destinados 77,7 bilhões para a agricultura familiar, enquanto para a agricultura convencional foram destinados 240 bilhões de reais, expressando a dicotomia entre o investimento público na agricultura familiar e na agricultura empresarial convencional (Brasil, 2023).

O combate fitossanitário de pragas e doenças, de acordo com as entrevistas está diretamente relacionado com a questão relativa ao combate as formigas e aos cupins. Deve investir na pesquisa e divulgação de bioinsumos capazes de ajudar o combate de pragas e doenças, ao mesmo tempo em que sejam de origem orgânica e não causem um impacto ambiental negativo, sejam de fácil acesso ou fácil reprodução pelos mesmos, como o caso das caldas caseiras, muito utilizada por todos os entrevistados.

7.2.3. Resultados Ambitec – Antes dos SAFs (*ex ante*)

Tabela 1 – Coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais da implementação de sistemas agroflorestais em unidades da agricultura familiar localizados em territórios de reforma agrária, no momento *ex ante*

Critérios de impacto da atividade	AMBITEC - Sistemas Agroflorestais														
	Coeficientes de Desempenho (<i>ex ante</i>)														
	Prod 1	Prod 2	Prod 3	Prod 4	Prod 5	Prod 6	Prod 7	Prod 8	Prod 9	Prod 10	Prod 11	Prod 12	Prod 13	Prod 14	Média
Indicadores de impacto Ecológico															
Mudança no uso direto da terra	3	-6,5	-0,5	-3	-5,5	-1,5	1	-6,5	-7	-7,5	-2,5	-0,5	-0,5	0	-2,68
Mudança no uso indireto da terra	3,75	-7	4	2,5	-1,25	-8	3,25	-4,25	-6,5	0	-5	-3	-1,25	-1,25	-1,71
Consumo de água	4	-1	4	2	-3	3	-5	7	-1	8	3	-3	0	-4	1
Uso de Insumos Agrícolas	-4	0,5	-4,5	-0,5	-15	-0,5	-0,5	-0,5	-12	-0,5	0	-0,5	-1	-0,5	-2,82
Uso de Insumos Veterinários e Matérias-primas	-8	-5	-9	-5	-3	0	0	-1,5	0	0	0	-3,5	-3	-5	-3,07
Consumo de Energia	-2,5	1,5	-4	-4,5	-4,5	-6	-1,5	-4,5	-4	10,5	2,5	-0,5	-7,5	0,5	-1,75
Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia	-1,15	-0,05	1,8	0,9	0,25	0	0,1	-0,85	-0,3	-0,45	0,15	0,25	0,55	0,3	0,11
Emissões à atmosfera	-0,8	0,8	-2,4	-2,4	-5,1	-2,4	-0,8	0,8	-2,4	2,4	-0,8	-0,8	-2,4	-0,4	-1,19
Qualidade do Solo	-7,5	-1,25	-15	10	-15	-2,5	-5	-1,25	-15	-7,5	-15	-7,5	-5	-12,5	-7,14
Qualidade da Água	1,2	0	-3,4	-2	-6,8	-3	-1	0	-0,2	0	-3	-1,2	-0,4	-1	-1,49

Conservação da biodiversidade e Recuperação ambiental	-1,05	-3,55	2,95	-4,75	0,55	-3,55	-2,95	-2,75	-2,35	-4,55	-3,95	-0,85	-4,55	-1,15	-2,32
Indicadores de impacto Socioambiental															
Qualidade do Produto	-3,75	-2,5	0,25	-1,25	-1,25	-2,25	-3	0,5	-5,25	-1,5	0	1,75	-1,25	2,75	-1,2
Capital social	4,15	3	4,65	3,45	1,15	1,35	-1,35	6,75	1,05	1,15	2,25	4,15	4,05	4,2	2,86
Bem-estar e saúde animal	5,5	10	13,5	11	3	0	0	8	0	0	0	-3	13,5	12	5,25
Capacitação	7,5	1,75	4	6	4	8,5	2,75	4,5	1,5	0	7	1,5	12,5	1,75	4,52
Qualificação e Oferta de Trabalho	0,3	0	1,6	0,6	1,2	0	0	0,4	0	0	0,3	1,4	1,2	0	0,5
Qualidade do Emprego / ocupação	0	6	0	0	12,75	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1,41
Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias	3,75	0	0	3,75	7,5	5,63	0	0,63	1,88	1,88	3,13	5	5,63	1,88	2,9
Geração de Renda	-11	-10	-15	0	-1	-3	-12	-15	0	-15	-7	-3	-1	-6	-7,07
Valor da Propriedade	1	-1	-4,5	-2,5	1,5	-4,25	-15	-5,5	-12	-12	-9	0,5	-2	-1,5	-4,73
Segurança e Saúde Ocupacional	-0,75	0,75	-1,75	-2,25	-0,5	-0,75	-3	-1,5	-2,25	0,5	-1,25	-3,5	-4,75	-2,75	-1,7
Segurança Alimentar	0,4	-4,8	-6	-0,8	-2	0	-6	-3,6	-4,8	-3,2	-4,8	-3,2	-6	-0,8	-3,26
Dedicação e Perfil do Responsável	4,5	-0,75	-2,75	-3,75	0,75	7,5	3,75	-10,5	1	-10	-2,75	3,25	2,25	3,5	-0,29
Condição de Comercialização	1,75	0	5	5	1,5	4,5	2,25	-8,25	1,75	-12	1,5	1,75	3,75	3	0,82

Disposição de Resíduos	2	2	0	-2	-1	-2	8	6	-4	-4	-1	6	4	4	1,29
Gestão de Insumos Químicos	0	0	0	0	-9,5	0	0	0	-15	0	0	0	4,75	-0,75	-1,46
Relacionamento Institucional	2,5	5	7,5	-1,25	-1,25	7,5	3,75	-2,5	3,75	-7,5	-3,75	0	7,5	0	1,52
Índice de Impacto da Atividade	-0,49	-1,27	-1,71	0	-2,11	-0,5	-1,46	-2,23	-3,34	-2,52	-1,92	-0,74	-0,4	-0,76	-1,39

Fonte: Elaboração própria

No momento prévio em que as famílias chegaram nos agroecossistemas em processo de degradação oriundos da agricultura convencional praticada no local, quase todos os indicadores ambientais tiveram valores negativos, com destaque para “Qualidade do solo” $\mu = -7,14$, “Uso de insumos veterinários e Matérias-primas” $\mu = -3,07$ e “Uso de Insumos agrícolas” $\mu = -2,82$, o que indica que o solo local estava em processo de degradação e que tal condição preconizava um uso intenso de insumos, assim como insumos oriundos do manejo convencional acarretam em um maior impacto ambiental.

Apenas os itens de “geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia” e de “consumo de água” possuíram indicadores positivos na situação anterior, o que pode representar uma situação de vulnerabilidade, pois diversos produtores não tinham acesso a água para consumo humano e para as culturas agrícolas, assim como, se faz necessário apostar em reaproveitamento e no reuso de recursos devido a vulnerabilidade social encontrada no momento *ex ante*.

Vale ressaltar que, por estarem inseridas em territórios de reforma agrária e vinculadas a movimentos sociais, as famílias produtoras foram capacitadas ainda antes de seu assentamento nos agroecossistemas. Consequentemente, muitas nunca fizeram uso de insumos químicos em suas propriedades, o que pode resultar em valores reduzidos para alguns indicadores e valores positivos em outras. Esse fato é claramente observado no indicador “Gestão de insumos químicos”, em que 12 dos 14 produtores não apresentaram diferenças significativas entre os dois períodos avaliados, como evidenciado na Tabela 2. Assim como, os indicadores de “Capacitação” e “Capital Social” possuem valores positivos em momentos prévios ao SAFs, devido a participação no Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, e do fato de estarem próximos ao centro de educação popular Gabriela Monteiro.

Em relação aos indicadores socioeconômicos, as piores performances de média dos valores relativos ao momento “*ex ante*” são: “Geração de renda” $\mu = -7,07$, “Valor da propriedade” $\mu = -4,73$, “Segurança alimentar” $\mu = -3,26$, tais valores são indicativos da situação de vulnerabilidade na qual muitas famílias se encontravam, pois não possuíam segurança alimentar (garantia de 3 refeições por dia), possuíam poucas ou nenhuma benfeitoria dentro do agroecossistema. Um destaque para a questão de “Geração de Renda” praticamente todos os entrevistados tiveram um desempenho negativo, o que demonstra uma geração de renda abaixo do salário-mínimo.

Os indicadores com boas avaliações no período prévio são: "Bem-estar e saúde animal" $\mu = 5,25$, "Capacitação" $\mu = 4,52$, "Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias" $\mu = 2,9$ e "Capital social" $\mu = 2,86$, o que indica que a organização prévia com o movimento social Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) pode gerar bons índices relativos a preocupação social, de gênero e de idade e ao capital social de organização em grupos, melhorando sua capacitação para a atividade, assim como a preocupação com o bem-estar animal.

7.2.4. Resultados AMBITEC – Situação após os SAFs (*ex post*)

Tabela 2 - Coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais da implementação de sistemas agroflorestais em unidades da agricultura familiar localizados em territórios de reforma agrária, no momento *ex post*

Critérios de impacto da atividade	AMBITEC - Sistemas Agroflorestais														
	Coeficientes de Desempenho														
	Prod 1	Prod 2	Prod 3	Prod 4	Prod 5	Prod 6	Prod 7	Prod 8	Prod 9	Prod 10	Prod 11	Prod 12	Prod 13	Prod 14	Média
Indicadores de impacto Ecológico															
Mudança no uso direto da terra	3,75	7,5	5	7,5	3,75	6,5	7,5	5	5	5	7,5	5	7	7,5	5,96
Mudança no uso indireto da terra	0	2,25	-1	-1,25	0	4	0	1,25	2,75	3,75	-1,25	-2,75	2	-1,5	0,59
Consumo de água	-12	-7	0	-2	-2	-6	-8	-6	3	-3	-7	1	-2	-2	-3,79
Uso de Insumos Agrícolas	9	-1,5	3	0	-5	-1,5	-1,5	-1,5	12	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	0,39
Uso de Insumos Veterinários e Matérias-primas	-2,5	0	0	0	0	-7	0	-3	-9	-4	-6	-8	-1,5	-2	-3,07
Consumo de Energia	-8,5	-13,5	0	-7,5	-12	-8	-12,5	-11,5	-12,5	-9,5	-8,5	-12	-1,5	-7,5	-8,93
Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia	0,85	1,65	0,9	0,6	1,2	0,45	1,35	1,15	1,65	1,05	0,7	1,65	0,9	1,05	1,08
Emissões à atmosfera	0,8	-0,8	0,8	-0,8	-0,5	0,8	-2,4	-0,8	-0,8	-0,8	-2,4	0	0,8	-2,4	-0,61
Qualidade do Solo	15	12,5	15	15	5	11,25	15	11,25	12,5	15	15	15	6,25	7,5	12,23
Qualidade da Água	2,4	0	0	3	-1,2	3	-3	0	0,2	0	3	-2,6	0	0,4	0,37

Conservação da biodiversidade e Recuperação ambiental	5,75	4,55	2,85	2,85	2,25	5,35	4,95	4,95	4,35	5,55	5,75	4,95	3,25	4,55	4,42
Indicadores de impacto Socioambiental															
Qualidade do Produto	4,75	7,5	-0,5	3,75	1,75	2,5	4	2,25	9,75	4	2,25	6	4,25	5,25	4,11
Capital social	4,45	0,4	2,3	3,55	6,15	5,35	3,55	3,55	5,25	3,55	1,95	4	4,45	5,25	3,84
Bem-estar e saúde animal	8,25	3,5	-0,75	0	4	11,5	0	0	15	9	10	7,5	0	0	4,86
Capacitação	3,75	0	3,75	9	8	1,5	3,75	7,5	3,75	12	7,5	7,5	0	5,75	5,27
Qualificação e Oferta de Trabalho	1,8	0,9	0,3	-0,1	1,2	0,6	0	1,5	1,8	0	1,2	4,2	0	0,9	1,02
Qualidade do Emprego / ocupação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	-1	0,04
Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias	11,25	0	0	0	6,25	0	0	5,63	3,75	5,63	3,75	3,75	0	0	2,86
Geração de Renda	13	13	5	7	9	5	-1	15	13	9	9	13	6	13	9,21
Valor da Propriedade	15	13,5	11	9,25	6,25	9	7,5	13	15	9,25	11,5	9,25	10,75	15	11,09
Segurança e Saúde Ocupacional	-1,75	-8	0,25	-0,25	-1,25	-1	1	-0,25	1,5	-1,25	-0,25	-6	2,75	-5,5	-1,43
Segurança Alimentar	6	6	6	6	3	4,8	4,8	6	6	6	6	4,8	6	6	5,53

Dedicação e Perfil do Responsável	5,25	4,5	3	9,75	11,25	1,75	4	10,5	7,75	7,5	2,75	5,5	6	9,75	6,38
Condição de Comercialização	8,25	5,25	3,75	4,5	2,75	3,75	3,5	8,25	8	6,75	4,25	8,25	4,25	8	5,68
Disposição de Resíduos	7	6	6	7	1	6	3	1	12	7	7	12	3	3	5,79
Gestão de Insumos Químicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Relacionamento Institucional	6,25	5	7,5	8,75	6,25	7,5	5	10	7,5	12,5	12,5	8,75	8,75	10	8,3
Índice de Impacto da Atividade	3,66	2,46	2,75	3,17	1,7	2,1	1,35	2,97	4,48	3,39	2,63	2,94	2,57	2,96	2,8

Fonte: Elaboração própria

Os resultados acerca do impacto observado e das performances após a implementação dos SAFs e do manejo orgânico podem ser observados na Tabela 2. Durante esse período, quase todos os agricultores participaram em um projeto em conjunto com diversas entidades, e, receberam a implementação dos sistemas agroflorestais entre 2017 - 2019, assim como, cursos de especialização, assistência técnica, mudas e insumos entre outros.

É possível observar um grande aumento na performance de todos os indicadores ambientais no momento posterior aos SAFs. Os indicadores com um melhor desempenho foram: “Qualidade do solo” ($\mu = 12,23$), “Mudança no uso direto da terra” ($\mu = 5,96$) e “Conservação da biodiversidade e Recuperação Ambiental” ($\mu = 4,42$). Conforme diversos autores ressaltaram, o manejo agroecológico e os sistemas agroflorestais foram responsáveis pelo aumento de biodiversidade, aumento na matéria orgânica do solo, aumento na capacidade de infiltração da água e redistribuição de nutrientes (Altieri, 1998; Gliessman 2003; Brunori *et al.* 2020, Schmidt *et al.* 2021).

A partir desta ótica, o manejo agroecológico proporciona um maior equilíbrio ambiental para o sistema como um todo, desta forma de acordo com as entrevistas feitas, as principais ações nesse aspecto foram a introdução de árvores nativas e exóticas adaptadas ao sistema produtivo, o aproveitamento de podas frequentes e do material orgânico como forma de cobertura de solo, aumento na ciclagem dos nutrientes e da fabricação de insumos como a compostagem. Em estudos utilizando a mesma metodologia, (Soares *et al.*, 2015) encontrou uma grande melhora dos indicadores ambientais após a adoção do manejo orgânico com práticas agroecológicas.

Da mesma forma, os indicadores ambientais que obtiveram um desempenho negativo estão intrinsecamente relacionados ao aumento na escala de plantio e aumento na área cultivada. Os indicadores de “Consumo de água” e “Consumo de energia” obtiveram valores negativos ($\mu = -3,79$) e ($\mu = -8,93$). Ao terem acesso a água tanto para consumo próprio quanto para as áreas produtivas, acarreta num maior consumo de água geral e em um maior impacto ambiental, fato inerente ao aumento de escala de produção. Assim como relativo ao uso de combustíveis fosseis na atividade rural, com maior utilização de maquinários como motosserras, tratoritos e roçadeiras. Tais resultados levam a ponderar sobre os *trade-offs* que existem, o aumento na qualidade de vida das famílias acarretou em

um maior consumo de água, um consumo maior de energia e um pior desempenho ambiental.

Outro indicador que aumentou significativamente devido ao aumento de escala é o de “Consumo de energia” ($\mu = -8,93$) e “Uso de insumos Veterinários e Matérias-primas” $\mu = -3,07$, relacionado ao aumento de uso de maquinários como tratores e ao uso de corretores de solo no caso dos insumos, já que nenhum dos entrevistados utiliza insumos químicos atualmente.

Em relação aos indicadores econômicos, tiveram os melhores desempenho “Valor da propriedade” $\mu = 11,09$, “Geração de renda” $\mu = 9,21$ e “Condição de comercialização” $\mu = 5,27$. Indicando que, os produtores com as melhores performances nos quesitos econômicos participam de/comercializam por um CSA, no qual podemos concluir que este modelo de comercialização permite uma maior previsibilidade,estabilidade e aumento na renda das famílias. A partir do momento no qual as famílias estão conseguindo realizar a comercialização, uma boa parte da renda volta como investimento na propriedade, identificada nas entrevistas pelo grande sentimento de orgulho e pertencimento com o território.

7.2.5. Resultados AMBITEC – Diferença entre os dois momentos

Tabela 3 - Valores de diferenciação dos coeficientes de impactos ecológicos e socioambientais entre o momento prévio e o momento póstumo da implementação dos sistemas agroflorestais nos territórios de agricultura familiar estimados pelo sistema Ambitec-Agro.

Critérios de impacto da atividade	AMBITEC - Sistemas Agroflorestais														
	Coeficientes de Desempenho														
	Prod 1	Prod 2	Prod 3	Prod 4	Prod 5	Prod 6	Prod 7	Prod 8	Prod 9	Prod 10	Prod 11	Prod 12	Prod 13	Prod 14	Média
Indicadores de impacto Ecológico															
Mudança no uso direto da terra	0,75	14	5,5	10,5	9,25	8	6,5	11,5	12	12,5	10	5,5	7,5	7,5	8,64
Mudança no uso indireto da terra	-3,75	9,25	-5	-3,75	-3,75	12	-3,25	5,5	9,25	3,75	3,75	0,25	3,25	-0,25	1,95
Consumo de água*	-16	-6	-4	-4	1	-9	-3	-13	4	-11	-10	4	-2	2	-4,79
Uso de Insumos Agrícolas*	13	-2	7,5	0,5	0,5	-1	-1	-1	24	-1	-1,5	-1	-0,5	-1	2,54
Uso de Insumos Veterinários e Matérias-primas	5,5	5	9	5	3	-7	0	-1,5	-9	-4	-6	-4,5	1,5	3	0
Consumo de Energia*	-6	-15	4	-3	-3	-2	-11	-7	-8,5	-20	-11	-11,5	6	-8	-6,86
Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia*	2	1,7	-0,9	-0,3	0,95	0,45	1,25	2	1,95	1,5	0,55	1,4	0,35	0,75	0,98
Emissões à atmosfera*	1,6	-1,6	3,2	1,6	1,6	3,2	-1,6	-1,6	1,6	-3,2	-1,6	0,8	3,2	-2	0,37

Qualidade do Solo	22,5	13,75	30	5	20	13,75	20	12,5	27,5	22,5	30	22,5	11,25	20	19,38
Qualidade da Água	1,2	0	3,4	5	5	6	-2	0	0,4	0	6	-1,4	0,4	1,4	1,81
Conservação da biodiversidade e Recuperação ambiental	6,8	8,1	-0,1	7,6	1,7	8,9	7,9	7,7	6,7	10,1	9,7	5,8	7,8	5,7	6,74
Indicadores de impacto Socioambiental															
Qualidade do Produto	8,5	10	-0,75	5	5	4,75	7	1,75	15	5,5	2,25	4,25	5,5	2,5	5,45
Capital social	0,3	-2,6	-2,35	0,1	5	4	4,9	-3,2	4,2	2,4	-0,3	-0,15	0,4	1,05	0,98
Bem-estar e saúde animal	2,75	-6,5	-14,25	-11	-11	11,5	0	-8	15	9	10	10,5	-13,5	-12	-1,25
Capacitação	-3,75	-1,75	-0,25	3	4	-7	1	3	2,25	12	0,5	6	-12,5	4	0,75
Qualificação e Oferta de Trabalho*	1,5	0,9	-1,3	-0,7	-0,7	0,6	0	1,1	1,8	0	0,9	2,8	-1,2	0,9	0,47
Qualidade do Emprego / ocupação	0	-6	0	0	-12,75	0	0	0	0	0	0,5	0	-1	-1	-1,38
Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias*	7,5	0	0	-3,75	-3,75	-5,63	0	5	1,87	3,75	0,62	-1,25	-5,63	-1,88	-0,23
Geração de Renda*	24	23	20	7	10	8	11	30	13	24	16	16	7	19	16,29
Valor da Propriedade*	14	14,5	15,5	11,75	11,75	13,25	22,5	18,5	27	21,25	20,5	8,75	12,75	16,5	16,32
Segurança e Saúde Ocupacional	-1	-8,75	2	2	-0,75	-0,25	4	1,25	3,75	-1,75	1	-2,5	7,5	-2,75	0,27

Segurança Alimentar	5,6	10,8	12	6,8	6,8	4,8	10,8	9,6	10,8	9,2	10,8	8	12	6,8	8,91
Dedicação e Perfil do Responsável*	0,75	5,25	5,75	13,5	10,5	-5,75	0,25	21	6,75	17,5	5,5	2,25	3,75	6,25	6,66
Condição de Comercialização*	6,5	5,25	-1,25	-0,5	-0,5	-0,75	1,25	16,5	6,25	18,75	2,75	6,5	0,5	5	4,73
Disposição de Resíduos	5	4	6	9	2	8	-5	-5	16	11	8	6	-1	-1	4,5
Gestão de Insumos Químicos*	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	-4,75	0,75	0,79
Relacionamento Institucional*	3,75	0	0	10	7,5	0	1,25	12,5	3,75	20	16,25	8,75	1,25	10	6,79
Índice de Impacto da Atividade	4,15	3,73	4,46	3,17	3,17	2,6	2,81	5,2	7,82	5,91	4,55	3,68	2,97	3,72	4,14

Fonte: Elaboração própria

(*) Indicadores com diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade no teste de Wilcoxon

A média dos valores de impacto prévio aos sistemas agroflorestais obteve um valor de $\mu = -1,39$ (Tabela 1), enquanto após os sistemas agroecológicos possuíram valores de $\mu = 2,80$ (Tabela 2), com a diferença média de $\mu = 4,14$ (Tabela 3). Os questionários obtiverem resultados sobre a situação prévia aos SAFs (*ex ante*) e após os SAFs (*ex post*), sobre os 27 indicadores individuais, os resultados são apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2, e as diferenças entre os momentos estão na Tabela 3.

É importante ressaltar que todos os produtores tiveram valores positivos para os resultados após a implementação dos SAFs. O manejo agroecológico e as práticas conservacionistas foram capazes de balancear o aumento de escala e maior uso de água e combustíveis fosseis, gerando valores positivos para os indicadores ambientais. Ademais, quase todos os produtores tiveram médias com valores negativos para a situação anterior (com exceção do produtor 4 que obteve um valor $\mu = 0$). Portanto a evolução do momento antes e o momento após a introdução dos sistemas agroflorestais é significativa.

Ao se comparar o índice de impacto calculado para a situação prévia aos sistemas agroflorestais e a situação *ex post*, foi verificado por meio de teste não paramétrico de Wilcoxon, que houve diferença estatística significativa. Dentro do universo da metodologia, existem 27 indicadores que compõe o índice de impacto, dos quais 13 apresentaram significância estatística, identificados pelo “*” na Tabela 3. Como forma de compreender a situação das famílias e avaliar o impacto da tecnologia, foram identificados quais são esses indicadores e sua posterior discussão abaixo.

Os resultados acerca do impacto observado e das performances após a implementação dos SAFs e do manejo orgânico podem ser observados na Tabela 3. Durante esse período (de média entre 5 e 7 anos), quase todos os agricultores participaram em um projeto em conjunto com diversas entidades, e, receberam a implementação dos sistemas agroflorestais entre 2017 e 2019, assim como, cursos de especialização, assistência técnica, mudas e insumos entre outros. É possível observar um aumento na performance de todos os indicadores ambientais, conforme diversos autores ressaltaram, o manejo agroecológico e os sistemas agroflorestais foram responsáveis pelo aumento de biodiversidade percebida, aumento na matéria orgânica do solo, aumento na capacidade de infiltração da água e redistribuição de nutrientes (Altieri, 1998; Gliessman 2003; Brunori *et al.* 2020, Schimidt *et al.* 2021).

Isso vai ao encontro com os resultados da revisão sistemática da literatura, principalmente relacionado a questão da influência do manejo (Li *et al.*, 2022;), sobre a melhora dos aspectos do solo como o sequestro de carbono e aumento da matéria orgânica do solo (Brunori *et al.*, 2020; Schimidt *et al.* 2021) onde tal aumento também é perceptível nas camadas mais profundas do solo (Seitz *et al.*, 2017).

Em relação aos principais resultados na esfera ambiental, a questão hídrica possuí um destaque. Os assentamentos estão localizados em zonas de nascentes e recargas da bacia do Rio Descoberto, ressaltando a importância da adoção de práticas agrícolas conservacionistas e agroecológicas, assim como a preservação e recuperação ambiental do território. É possível observar que, devido à proximidade a locais de nascentes, os índices de “Qualidade da água” obtiveram uma pequena diferença $\mu = 1,81$, tendo em vista que já era uma água de alta qualidade e pureza. Entretanto o indicador de “Consumo de água” possui uma diferença estatística significativa, tendo em vista que o consumo está diretamente relacionado a escala do plantio, de forma a demonstrar que os produtores possuem diferentes escaladas de plantio e uma demanda por água diferenciada entre eles.

Outro ponto de destaque está nos indicadores de “Qualidade do solo” $\mu = 19,83$ e “Conservação da biodiversidade e recuperação ambiental” $\mu = 6,74$, os quais são a materialização numérica da melhora proporcionada pelos sistemas agroflorestais sob manejo agroecológico. Conforme enunciado acima, os locais destinados para o assentamento das famílias estavam passando por processos de degradação ambiental e do solo, decorrentes das práticas convencionais adotadas anteriormente, seja pela monocultura de eucalipto, como é o caso do Canaã, ou pela monocultura de grãos, como ocorre no El-Shaddai. Embora os indicadores “Qualidade do Solo”, “Conservação da Biodiversidade e Recuperação Ambiental” e “Mudança no Uso Direto da Terra”, apresentados na Tabela 3, demonstrem bons desempenhos ao comparar os dois momentos analisados, é importante destacar que cada processo de degradação exige estratégias específicas para sua recuperação. Esses indicadores refletem os impactos positivos da introdução dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) nas propriedades, mas ressaltam a necessidade de abordagens diferenciadas para lidar com as particularidades de cada cenário de degradação.

Os indicadores que estão relacionado com o aumento de escala na produção possuem um desempenho abaixo da média, ou até negativo, como é o caso do “Consumo de energia”, “Emissões à atmosfera” e “Uso de Insumos agrícolas”. De fato, o aumento na produção

infere em um maior uso de combustíveis fósseis, principalmente relacionado a maquinários como roçadeiras, motosserra e motocultivador, acarretando um maior consumo de energia e de emissões a atmosfera. Assim como, o uso de insumos está diretamente relacionado com o uso de corretores de pH como a calagem e o gesso agrícola, tendo em vista que os entrevistados não utilizam insumos químicos.

Importante ressaltar que, como as famílias produtoras estão em territórios de reforma agrária, portanto fazem parte de movimentos sociais e obtiveram capacitações em um momento que estavam acampados (prévio ao assentamento nos agroecossistemas), muitos nunca chegaram a utilizar insumos químicos em suas propriedades, o que pode gerar valores menores em relação a alguns indicadores. Tal fato pode ser evidenciado no indicador “Gestão de insumos químicos”, onde 12 dos 14 produtores não apresentaram valores para a diferença entre os dois momentos, conforme observado na Tabela 3. Assim como, o indicador de “Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia” obteve diferenças estatísticas, tal fato está relacionado principalmente com a produção de compostagem com os resíduos orgânicos, o que pode gerar adubos para a produção ao mesmo tempo que viabiliza um tratamento adequado dos resíduos.

Em relação aos aspectos socioeconômicos, os indicadores econômicos obtiveram uma excelente performance, como é o caso de “Geração de renda” $\mu = 16,29$, “Valor da propriedade” $\mu = 16,32$. Indicando uma maior diferença entre os dois momentos, de uma situação de alta vulnerabilidade para uma renda com previsibilidade. Demonstrando assim que tanto a renda familiar quanto o investimento em benfeitorias e subsistemas de produção melhoraram de forma altamente significativa na vida das famílias. Os resultados para ambos os indicadores são expressivos e representam um grande aumento de forma generalizada entre os produtores, tanto na geração de renda quanto na valorização do agroecossistema. Indicando a importância de projetos em locais de reforma agrária, dos quais possuem um grande potencial para causar grandes impactos nas vidas das famílias. Um ponto passível de melhoria dentro dos indicadores econômicos está relacionado com a gestão financeira e organização dos fluxos de caixa.

Entretanto, os indicadores sociais, que num momento prévio possuíam um desempenho adequado, não obtiveram um bom desempenho na diferença, indicando que é uma área prioritária para investimento de projetos e capacitações sociais. O projeto no qual a dissertação está incluída (Comunidades agroflorestais: plantando água e tecendo vidas)

irá ofertar diversas capacitações voltadas a tais lacunas, como a organização financeira em planilhas, diagramas de fluxo, capacitações em manejo agroflorestal entre outros. Os indicadores “Qualificação e oferta de Trabalho”, “Dedicação e perfil do responsável”, “Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias” e “Relacionamento institucional” possuíram diferenças estatísticas, no qual indica que seriam as principais áreas de investimento no território.

Os indicadores que obtiveram boas notas vão ao encontro com os resultados de Armengot *et al.* (2016), que demonstrou que os sistemas agroflorestais possuem menores custos de insumos e a venda certificada possui melhores preços de venda o que contribui para melhores preços nos produtos, exemplificado pelo indicador “Qualidade do produto” $\mu = 5,45$ na diferença entre os dois momentos. Assim como, a comercialização e constituição de redes, como associações e cooperativas, auxiliam no processo de melhora nas condições financeiras das famílias (Schnabel *et al.*, 2018; Belarmino *et al.*, 2019), o que pode ser identificado no indicador “Condição de comercialização” $\mu = 4,73$.

Os resultados encontrados neste estudo, assim como, as tendências e aplicações práticas vão ao encontro com outros estudos semelhantes que também utilizaram a metodologia Ambitec-Rural em contextos de produção agroecológica ou em transição. Por se tratar de um processo transitório, a adoção de novas práticas e manejos agroecológicos surtem um efeito gradual ao longo do tempo na qualidade do solo e na biodiversidade do agroecossistema, que se refletem na recuperação ambiental. Portanto, Borba Júnior *et al.*, (2006) salientaram sobre alguns índices de recuperação ambiental que não alcançaram índices expressivos no período da pesquisa, podem refletir em maiores valores ao longo de um período temporal maior.

Munhoz *et al.* (2020) ao estudarem sobre sistemas agroecológicos no Distrito Federal aplicando o Ambitec-rural observou que os indicadores ambientais obtiveram um aumento expressivo, com destaque para qualidade do solo e redução no uso de insumos químicos, relacionando tal resultado com as práticas conservacionistas adotadas e gerando ambientes produtivos e mais biodiversos para os produtores. O indicador de qualidade do solo obteve uma média após a transição para modelos agroecológicos de $\mu = 8,8$, enquanto no presente estudo obteve um valor de $\mu = 12,23$.

Barreto *et al.* (2013) em estudos realizados em territórios da reforma agrária no Rio Grande do Norte no bioma da Caatinga, perceberam a melhora nos índices de impacto ambiental decorrente da transição para modelos agroecológicos, principalmente nos indicadores de capacidade produtiva do solo, diminuição de emissões para a atmosfera e qualidade do produto. Tais resultados dialogam com a presente pesquisa, no que tange a melhora significativa dos impactos ambientais a partir do manejo agroecológico. Barreto *et al.* (2013) encontrou no indicador de “Uso de energia” a maior contribuição negativa dos impactos analisados, devido ao aumento de escala dos produtores e maior acesso a maquinários agrícolas, o que também pode ser observado nos resultados observados.

Da mesma forma, Farias *et al.* (2024) ao estudar sobre a transição agroecológica na Chapada dos Veadeiros – GO, pode observar a melhora significativa nos indicadores ambientais, porém que a eficiência na adoção de diferentes tipos de manejo. Dentre os principais indicadores ambientais decorrentes da mudança na forma de manejo, a conservação da biodiversidade e recuperação ambiental foi o índice de maior média ($\mu = 5,28$), o que vai de encontro com os resultados da presente pesquisa, na qual obteve uma média geral de diferença de $\mu = 6,84$. Os autores também enfatizaram sobre os gargalos na assistência técnica e acesso a recursos financeiros, os quais são áreas de importante investimento na presente pesquisa.

7.2.6. Percentual de Impacto da Tecnologia (PIT)

Considerando o impacto positivo em todos os produtores, é possível perceber que a adoção dos sistemas agroflorestais pode melhorar a vida dos entrevistados de diversas maneiras. Embora a abordagem sistêmica tenha como objetivo evitar a padronização, permitindo uma análise singular e contextualizada de cada caso, ao comparar os desempenhos dos agroecossistemas, a metodologia adotada possibilita a identificação de padrões e tendências que podem ser úteis para a compreensão geral dos impactos e benefícios dos sistemas agroflorestais. Essa comparação, no entanto, não ignora as particularidades de cada contexto, mas busca integrá-las em uma análise mais ampla, que considera tanto as especificidades locais quanto os aspectos comuns entre os diferentes agroecossistemas. Alguns casos obtiveram resultados mais expressivos, o que podem servir como exemplos de boas práticas a serem adotadas, como forma de compartilhar e circular o conhecimento e expandir o impacto positivo com o território.

Com um resultado médio de PIT de 14%, vai ao encontro com o estudo De Oliveira (2022), ao estudar sobre a transição para a pecuária orgânica utilizando a metodologia Ambitec, obteve um PIT médio de 14,5%

Tabela 4 - Desempenho do Percentual de Impacto da Tecnologia

Produtor	Antes dos SAFs	Após os SAFs	Diferença	PIT (%)
1	-0,49	3,66	4,15	14%
2	-1,27	2,46	3,73	12%
3	-1,71	2,75	4,46	15%
4	0,00	3,17	3,17	11%
5	-2,11	1,70	3,81	13%
6	-0,50	2,10	2,60	9%
7	-1,46	1,35	2,81	9%
8	-2,23	2,97	5,20	17%
9	-3,34	4,48	7,82	26%
10	-2,52	3,39	5,91	20%
11	-1,92	2,63	4,55	15%
12	-0,74	2,94	3,68	12%
13	-0,40	2,57	2,97	10%
14	-0,76	2,96	3,72	12%
Média	-1,39	2,80	4,18	14%

Fonte: Elaboração própria

Ao comparar estudos com a mesma metodologia, Munhoz *et al.* (2020), que obteve uma média de 17% para o processo de produção agroecológica integrada (PAIS) no Distrito Federal. Soares *et al.* (2021) investigaram a transição da produção de leite bovino convencional para o manejo orgânico e identificou um PIT médio de 18.35%, demonstrando na prática o quanto benéfico pode ser ao meio ambiente a inclusão da produção animal com os sistemas agroflorestais e manejo agroecológico.

Farias *et al.* (2024) ao pesquisarem sobre a transição agroecológica na Chapada dos Veadeiros – GO obtiveram valores de média do PIT em torno de 7%. Enquanto Barreto *et al.* (2010) ao pesquisarem sobre o impacto ambiental do manejo agroecológico na Caatinga, obtiveram um PIT médio de 8,5%, resultando em um impacto ambiental positivo, o que vai de encontro com os resultados da presente pesquisa.

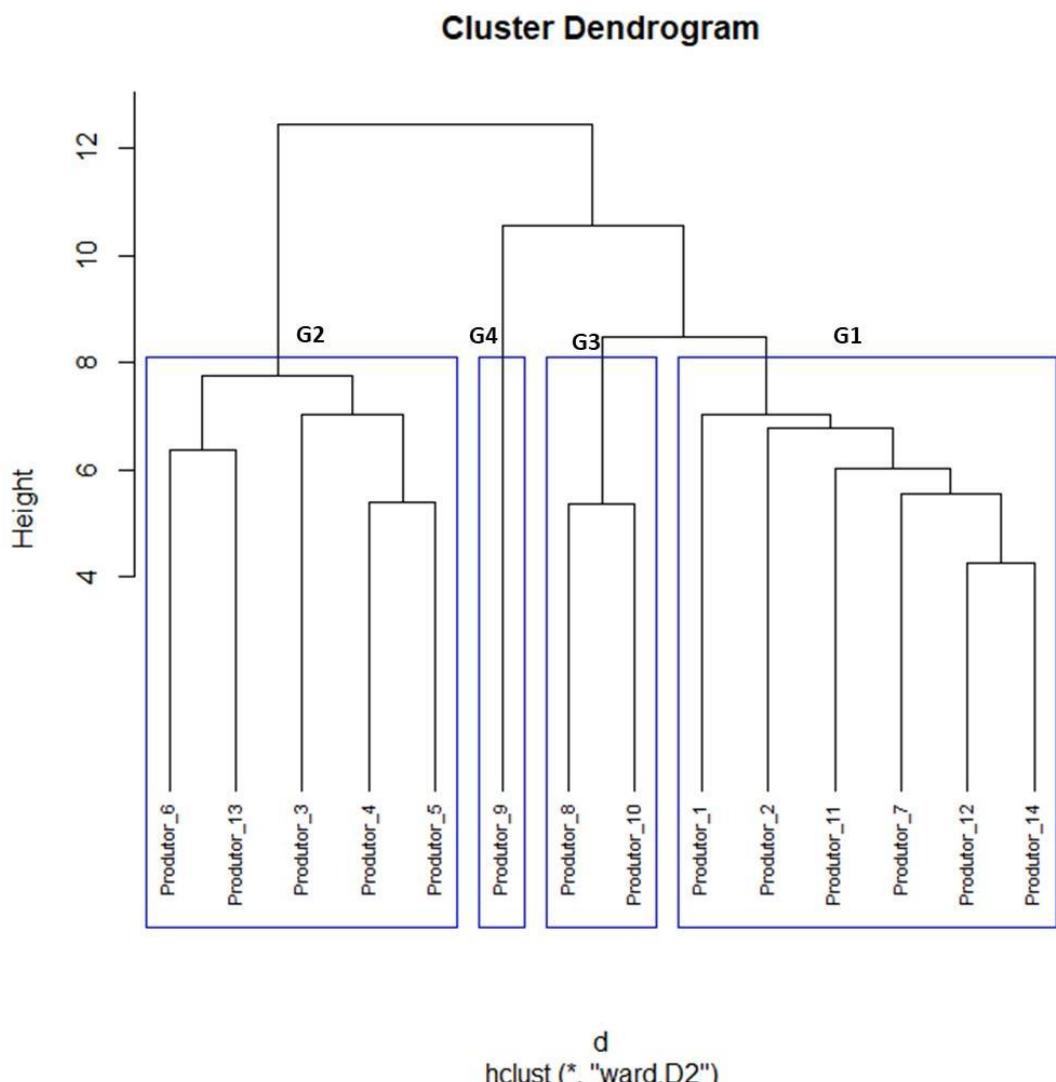
Os principais resultados foram nos produtores: produtor 9 (26%), produtor 10 (20%), produtor 8 (17%), produtor 11 e produtor 3 (15%). O produtor 9 está localizado ao lado do

centro de educação popular e agroecologia Gabriela Monteiro, o que pode ter grande influência para que os indicadores de “Capital social”, “Capacitação”, “Conservação da biodiversidade”, “Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias” entre outros tivessem uma melhor performance.

7.2.7. Análise de *Cluster*:

A partir do teste de Wilcoxon, no qual consiste em um método não paramétrico para comparação de duas ou mais amostras pareadas, demonstrou que de acordo com os resultados obtidos, foi possível realizar o agrupamento (ou *cluster*) de produtores. A divisão dos produtores em *clusters* permite uma visualização de desempenho de acordo com a performance, tendo em vista que cada agroecossistema possuí um manejo específico, os *clusters* permitem o agrupamento de diferentes produtores a partir de testes estatísticos (De Oliveira *et al.*, 2022; Soares *et al.*; 2021). Os agrupamentos são realizados com base no desempenho dos indicadores.

Figura 6 - Análise de *cluster* dos produtores familiares



Fonte: Elaboração Grossi e Malaquias

De acordo com a Figura 2 acima, é possível caracterizar os produtores em 4 grupos:

O *cluster* G4, no qual consiste apenas no Produtor 9, foi o grupo que, no geral, apresentou os melhores resultados obtidos, ou seja, foi a família que obteve o maior impacto positivo após a adoção da tecnologia agroflorestal. Podendo ser comprovado a partir do PIT, no qual demonstra o maior valor (26%). Seu alto desempenho pode ser explicado, em partes, pela proximidade ao Centro de Educação Popular Gabriela Monteiro, gerido pelo MST e no qual pode promover uma maior capacitação e capital social.

O *cluster* G3 apresentou ótimos resultados no aspecto geral, contando apenas com dois produtores (8 e 10), dos quais foram agrupados por sua proximidade de resultados e apresentando o segundo melhor desempenho. O que pode ajudar a explicar tal definição é o fato de ambos os produtores possuírem um CSA como principal forma de comercialização, o que gera uma estabilidade maior para sua renda.

O *cluster* G1 apresentou resultados medianos, com alguns parâmetros bons e outros que podem melhorar, nesse agrupamento existem um maior número de agroecossistemas que os demais, demonstrando o caráter mais amplo da amostra. Tais fatores podem estar relacionados a questão social das famílias no momento da chegada, como muitos não possuíam acesso a água para produção, tiveram que ir aumentando a produção de forma mais lenta,

Por fim, o G2 se caracteriza pelo grupo com o desempenho abaixo dos demais, indicando os locais onde a assistência técnica contínua se faz necessária. É possível observar que os 3 produtores que não receberam os SAFs por meio de projetos e outros 2 produtores do pré-assentamento El-Shaddai, indicando que o território é um público-alvo para maiores intervenções dos projetos e associações.

Os produtores 9 e 12 possuem os Sistemas Agroflorestais bem desenvolvidos e com uma produção de frutíferas acima da média, portanto, os principais problemas enfrentados por estes agroecossistemas estão relacionados a escoamento da produção e em encontrar mão de obra qualificada, indicando que estão em um bom estágio de desenvolvimento.

De acordo com os resultados deste estudo, foi possível observar que os territórios que necessitam de maior assistência estão nos pré-assentamentos El-Shaddai e Oscar Niemeyer (Produtores 4, 6 e 13), os quais possuem os PITs e um impacto geral menor que a média, assim como estão em um mesmo *cluster* de acordo com a Figura 6. Algo que pode explicar tal fenômeno está relacionado com o fato de que os dois pré-assentamentos citados são mais recentes que os demais, assim como, possuem um número de assentados consideravelmente menor que os demais, desta forma possuindo uma rede de apoio local reduzida quando em comparação com os demais territórios.

Em um estudo comparando a transição de modelos de pecuária convencional para o manejo orgânico, Oliveira *et al.* (2014) pode identificar um *cluster* de melhor desempenho, indicando quais estratégias e manejos podem ser percebidos como boas práticas. Outro ponto que o estudo destacou está relacionado com a diferença de conhecimento entre os produtores, algo que se demonstrou uma realidade nos assentamentos estudados também.

Ao analisar a transição no manejo da produção de leite bovino do convencional para o orgânico, Soares *et al.* (2021) pode identificar no *cluster* de melhor desempenho estão os produtores que alinham a produção animal com sistemas agroflorestais. O que pode significar uma estratégia para os produtores entrevistados que busquem uma maior integração entre os sistemas de produção.

8. DISCUSSÃO

A partir do estudo realizado, foi possível fazer uma revisão sistemática da literatura, de forma a compreender como está o estado da arte sobre o impacto ambiental e a análise de sustentabilidade acerca dos sistemas agroflorestais, assim como o estudo de caso foi capaz de relacionar os resultados da literatura com a realidade das famílias, de forma a buscar um desenvolvimento rural sustentável nos territórios de reforma agrária.

Nos resultados revisados dos artigos publicados os SAFs representaram uma miríade de impactos ambientais positivos, principalmente relacionados ao aumento na disponibilidade de nutrientes e tornando os sistemas mais eficientes com menos uso de insumos, e portanto, mais econômicos e produtivos. Assim como questões ligadas a

ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica no solo, com o diferencial de afetar até as camadas inferiores do solo (abaixo dos 40cm) devido a penetração das raízes das árvores.

A adoção dos sistemas agroflorestais pelos 14 agricultores apresentou melhoras nos indicadores ambientais e socioeconômicos da unidade produtiva. Cada realidade apresenta diferentes níveis de adoção do manejo agroecológico, refletindo-se em desempenhos variados. Embora a análise do agroecossistema esteja diretamente relacionada à adoção da tecnologia agroflorestal, é importante destacar que cada parcela possui um sistema único, com um conjunto de manejos e práticas influenciados pela experiência de vida, conhecimento tradicional e contexto específico de cada produtor. Foi possível compreender em qual medida os Sistemas Agroflorestais (SAFs) estão contribuindo para a melhoria dos índices socioeconômicos, ao mesmo tempo em que reduzem consideravelmente os impactos ambientais do setor agropecuário. Essa diversidade de práticas e manejos reforça a importância de abordagens adaptativas e contextualizadas, que respeitem as particularidades de cada agroecossistema e promovam a sustentabilidade de forma integral..

Os territórios localizados na bacia do Rio Descoberto e destinados a reforma agrária estavam em processo de degradação devido as práticas da agricultura convencional, onde em um momento prévio a adoção da tecnologia, os indicadores apresentavam valores negativos. Com a adoção dos sistemas agroflorestais e da opção pelo manejo agroecológico pode proporcionar, mesmo que em diferentes níveis, uma melhoria expressiva na vida dos agricultores, conforme indicado pelo Percentual de Impacto da Tecnologia (PIT) de valores positivos (média de 14%).

Tais indicadores, principalmente os ambientais, seguem uma tendência de melhoria ao longo do tempo, decorrente das práticas de manejo adotadas, que priorizam a conservação dos recursos naturais e a recuperação dos ecossistemas. Essa evolução caracteriza o processo de transição agroecológica, evidenciando a eficácia das estratégias implementadas e indicando a necessidade de novas pesquisas para monitorar e compreender esses avanços de forma contínua. Diante disso, propõe-se a elaboração de um protocolo de monitoramento sistemático, que permita acompanhar o desenvolvimento do território ao longo do tempo. Dessa forma, será possível auxiliar no processo de desenvolvimento sustentável, garantindo que as práticas agroecológicas continuem a evoluir e a gerar impactos positivos para as comunidades e o meio ambiente.

Outro impacto positivo que pode ser observado na revisão sistemática foi em relação a um aumento na biodiversidade interna dos sistemas auxilia nos mecanismos de controle biológico e no combate fitossanitário de pragas, fortalecendo o combate natural das pragas por predadores.

Mesmo sob o manejo convencional, os sistemas agroflorestais possuem um alto potencial para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, melhorar os estoques de carbono no solo, assim como a distribuição e a ciclagem de nutrientes, quando comparados a sistemas convencionais.

Existem lacunas dentro do processo de adoção da tecnologia agropecuária (no caso os sistemas agroflorestais) no qual o estudo de caso pode identificar, como a questão de acesso a recursos financeiros, a questão do combate fitossanitário, a vulnerabilidade ao fogo e os incêndios, acesso a mão de obra qualificada no manejo agroecológico/orgânico e de acesso a mercados. Embora os SAFs tenham uma variedade de impactos ambientais positivos, no presente estudo foi possível observar que o aumento na escala dos plantios acarretou em um maior consumo de água e de combustíveis fósseis, como forma de impacto ambiental negativo ligado ao contexto de melhoria nas condições produtivas das famílias.

Pode-se observar que, os mercados para os produtos orgânicos vêm crescendo a cada ano, portanto, esforços relacionados a combater as falhas de mercado podem aumentar significativamente a renda dos agricultores, assim como, a sua participação em cooperativas pode auxiliar o desenvolvimento de mercados e na melhoria dos índices econômicos.

Por fim, com base na análise sistemática de literatura os avanços nos sistemas agroflorestais e nas formas de manejo devem andar em conjunto com a inovação tecnológica e científica, de forma a intercalar com o conhecimento tradicional e gerando uma dialética do conhecimento, para que assim, consigam tornar a pequena produção e a agricultura familiar mais eficiente e a lida na roça menos cansativa.

9. CONCLUSÕES

A partir desta pesquisa foi possível corroborar que os sistemas agroflorestais geram diversos impactos socioambientais positivos, algo que é de extrema importância em um setor como o da produção de alimentos. Os impactos positivos podem ser observados nas

esferas ambientais, sociais e econômica, com a melhora nos aspectos biofísicos, aumento da soberania alimentar e segurança nutricional, assim como, aumento na renda de todos os entrevistados. Embora existam diversos impactos positivos, foi possível perceber impactos negativos também, como a questão do aumento no consumo de água e aumento nas emissões dos gases de efeito estufa. Tendo isso em vista, o SAF se torna uma estratégia de plantio capaz de aumentar a produtividade dos agroecossistemas, diminuindo sua dependência de insumos externos e consequentemente aumentando sua autonomia. Também foram identificadas problemáticas referentes ao financiamento e ao acesso a crédito rural, tanto na literatura quanto na prática.

As principais problemáticas enfrentadas na realização da atividade estão relacionadas com questões de acesso a mão de obra qualificada, acesso a assistência técnica e escoamento de produtos, indicam áreas que são de grande importância para investimento no território. A questão biofísica como acesso a água e combate aos incêndios são pontos importantes na construção da autonomia das famílias, e as estratégias de combate partem da coletividade, formando brigadas de incêndio e redes de apoio.

Nota-se que contextualizar a importância da agricultura familiar e da adoção do manejo agroecológico por estes é algo que não é tão descrito no Cerrado brasileiro e tem como ponto forte desta pesquisa. Tendo em vista que a agricultura empresarial possui recursos para investir na inovação, a academia e a extensão devem avançar em conjunto como forma de auxiliar o desenvolvimento científico.

Ao incorporar os princípios do manejo agroecológico como aumento na diversidade, adubação verde, cobertura de solo entre outros, permitem que o agroecossistema possa ter uma maior ciclagem de nutrientes e uma maior eficiência de insumos, assim como, a decomposição da matéria orgânica permite um maior acúmulo de carbono no solo. Os benefícios ambientais resultam em uma economia financeira e aumento da produtividade, o que permite também uma melhora nas condições sociais das famílias que o praticam. Como principais impactos positivos dos SAFs na literatura, foi possível identificar: a mitigação de gases de efeito estufa, redução no uso de insumos e redução dos impactos negativos referentes a produção animal, se tornam uma excelente estratégia de conciliar em sistemas silvipastoris ou ILPF.

A partir das entrevistas nos quatorze agroecossistemas estudados foi possível perceber que a adoção dos sistemas agroflorestais e da transição para o manejo agroecológico foram capazes de apresentar uma melhora considerável nas dimensões sociais, econômica e ambiental. Ao receberem o projeto de implementação dos sistemas agroflorestais, os agricultores notaram que os impactos ambientais foram reduzidos, os rendimentos econômicos se elevaram e houve um progresso significativo no desenvolvimento social.

Um resultado importante de ser destacado está relacionado com o Percentual Médio de Impacto da Tecnologia – PIT, que obteve um valor de 14%, o que refletiu na melhora das condições de vida de todos os entrevistados. Da mesma forma, os agricultores que tiveram desempenhos abaixo da média, devido a percepção de melhoria contínua dos aspectos ambientais ao longo do tempo e ao tempo de desenvolvimento das árvores de interesse econômico no sistema agroflorestal, podem apresentar um melhor desempenho em pesquisas futuras.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, com base na análise sistemática de literatura os avanços nos sistemas agroflorestais e nas formas de manejo devem andar em conjunto com a inovação tecnológica e científica, de forma a intercalar com o conhecimento tradicional e gerando uma dialética do conhecimento, para que assim, consigam tornar a pequena produção e a agricultura familiar mais eficiente e a lida na roça menos cansativa.

Embora seja possível observar diversos avanços na análise de sustentabilidade dos agroecossistemas, também foi possível identificar alguns espaços de avanço e lacunas nas pesquisas presentes nos capítulos anteriores. Tais gargalos estão principalmente relacionados a acesso a assistência técnica especializada no manejo agroecológico, no combate fitossanitário e no manejo ecológico de pragas, no acesso a programas de crédito rural e por fim no acesso a mão de obra e maquinários adequados que facilitem as podas e manejos.

A partir destas reflexões, se faz necessário a atuação do Estado, da academia e demais entidades como movimentos sociais e campesinos de forma conjunta, atuando como uma rede e fortalecendo a agricultura familiar cada vez mais. Futuras pesquisas podem estar relacionadas com as problemáticas levantadas na pesquisa de forma tornar cada vez maiores

os impactos positivos e que andem em confluência com as questões ambientais, sociais e econômicas.

11. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, Sérgio Valiengo; MARTINS, Antônio Lúcio Mello. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.

ABREU, Lucimar Santiago et al. Relações entre agricultura orgânica e agroecologia: desafios atuais em torno dos princípios da agroecologia. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 26, 2012.

AGROPECUÁRIO, IBGE Censo. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro, 2017.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 1998.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. *Revista nera*, n. 16, p. 22-32, 2012.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, v. 16, n. 1, 2007.

ALTIERI, Miguel A.; TOLEDO, Victor Manuel. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of peasant studies*, v. 38, n. 3, p. 587-612, 2011.

ARAÚJO, Fabiana Aparecida da Silva et al. Indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais: levantamento de metodologias e indicadores utilizados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. Spe, p. e246191, 2022.

ARMANDO, Marcio Silveira et al. Agrofloresta para agricultura familiar. 2002.

ARMENGOT, Laura et al. Food-energy-water nexus of different cacao production systems from a LCA approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 304, p. 126941, 2021.

BARRETO, Hilton Felipe Marinho et al. Impactos sócio-econômicos do manejo agroecológico da caatinga no Rio Grande do Norte. 2013.

BENE, J. G.; BEALL, H. W.; CÔTÉ, Albert. Trees, food and people: land management in the tropics. IDRC, Ottawa, ON, CA, 1977.

BELARMINO, Luiz Clovis et al. Economic analyzes of conventional orange, ic and agroforestry systems in southern Brazil. *Custos e agronegócio on line*, v. 15, p. 402-432, 2019.

BHATTACHARYYA, Siddhartha Shankar et al. A paradigm shift to CO₂ sequestration to manage global warming—With the emphasis on developing countries. *Science of the Total Environment*, v. 790, p. 148169, 2021.

BORBA JÚNIOR, José Kubitschek Fonseca et al. Sustentabilidade da produção de leite orgânico e em transição agroecológica do Distrito Federal e Região Integrada do Entorno. *Cadernos de Agroecologia* [Volumes 1 (2006) a 12 (2017)], v. 10, n. 3, 2015.

BOMBARDI, Larissa Mies. A intoxicação por agrotóxicos no Brasil e a violação dos direitos humanos. *Direitos humanos no Brasil*, p. 71-82, 2011.

BRASIL. Decreto 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Plano Safra: 2023/2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/plano-safra/2023-2024/apresentacao-plano-safra-2023-24.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2024.

BRUNORI, Elena et al. The hidden land conservation benefits of olive-based (*Olea europaea* L.) landscapes: An agroforestry investigation in the southern Mediterranean (Calabria region, Italy). *Land degradation & development*, v. 31, n. 7, p. 801-815, 2020.

CAICEDO-VARGAS, Carlos et al. Assessment of the environmental impact and economic performance of cacao agroforestry systems in the Ecuadorian Amazon region: An LCA approach. *Science of the Total Environment*, v. 849, p. 157795, 2022.

CAMPBELL, Bruce M. et al. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and society*, v. 22, n. 4, 2017.

CANUTO, João Carlos. Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis. *Redes (St. Cruz do Sul Online)*, v. 22, n. 2, p. 137-151, 2017.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, v. 3, n. 2, p. 13-16, 2002.

CASTANHO, ROBERTO BARBOZA; TEIXEIRA, MATHEUS EDUARDO SOUZA. A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2017.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do colégio brasileiro de cirurgiões*, v. 34, p. 428-431, 2007.

COSTA, Darielly Melize Carneiro; PAULETTO, Daniela. Importância dos sistemas agroflorestais na composição de renda de agricultores familiares: estudo de caso no município de Belterra, Pará. *Nativa*, v. 9, n. 1, p. 92-99, 2021.

CRISTÓBAL-ACEVEDO, David et al. Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest, agroforestry and coffee monoculture systems. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, v. 25, n. 2, p. 169-184, 2019.

DANIEL, Omar. Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de Viçosa. 2000.

DE CARVALHO, Walmir Ribeiro et al. Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. *Agroforestry systems*, v. 88, p. 357-368, 2014.

EBEL, Roland. Are small farms sustainable by nature? Review of an ongoing misunderstanding in agroecology. 2020.

ESCRIBANO, Alfredo J. Beef cattle farms' conversion to the organic system. Recommendations for success in the face of future changes in a global context. *Sustainability*, v. 8, n. 6, p. 572, 2016.

FARIAS, Luciano Ferreira et al. Transição agroecológica em assentamento rural na Chapada dos Veadeiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, p. e272017, 2024.

FRANCISCO, Érika Cristina et al. Food-energy-water (FEW) nexus: sustainable food production governance through system dynamics modeling. *Journal of Cleaner Production*, v. 386, p. 135825, 2023.

GLIESSMAN, Stephen R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2001.

GLIESSMAN, Stephen R. *Agroecología y agroecosistemas*. *Ciência & Ambiente*, v. 27, p. 107-120, 2003.

GLIESSMAN, Steve. Defining agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 42, n. 6, p. 599-600, 2018.

GOLICZ, Karolina et al. Carbon accounting in European agroforestry systems—Key research gaps and data needs. *Current Research in Environmental Sustainability*, v. 4, p. 100134, 2022.

IRIAS, Luiz José Maria et al. Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária, aplicação do Sistema Ambitec. 2004.

KHEIRI, Mohammad et al. Environmental and socioeconomic assessment of agroforestry implementation in Iran. *Journal for Nature Conservation*, v. 72, p. 126358, 2023.

LEHMANN, Lisa Mølgaard et al. Environmental impact assessments of integrated food and non-food production systems in Italy and Denmark. *Energies*, v. 13, n. 4, p. 849, 2020.

LI, Shifeng et al. The impacts of agroforestry on soil multi-functionality depending on practices and duration. *Science of the Total Environment*, v. 847, p. 157438, 2022.

LIMA, Sandra Kitakawa et al. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão, 2020.

LÓPEZ-DÍAZ, M. L.; BENÍTEZ, R.; MORENO, G. How do management techniques affect carbon stock in intensive hardwood plantations. *Forest Ecology and Management*, v. 389, p. 228-239, 2017.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. *Histórias das agriculturas no mundo. Do neolítico à crise contemporânea*. Universidad Estatal Paulista (UNESP), 2010.

MAUREL, Véronique Bellon; HUYGHE, Christian. Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology. *Ocl*, v. 24, n. 3, p. D307, 2017.

MICCOLIS, Andrew et al. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. 2016.

MOREIRA, Paulo Sergio da Conceição; GUIMARÃES, André José Ribeiro; TSUNODA, Denise Fukumi. Qual ferramenta bibliométrica escolher? um estudo comparativo entre softwares. *P2P e Inovação*, v. 6, p. 140-158, 2020.

MORENO, M. H. B. *Indicadores Socioeconômicos na Agricultura Familiar: uma análise do papel do crédito*. [Monography (Graduate)—Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Grande Dourados]. Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

MUNHOZ, M. Z. et al. Impactos ambientais da implantação do sistema de produção agroecológica integrada e sustentável (PAIS) em unidades familiares do Distrito Federal. 2020.

NAIR, P. K. R. State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, v. 45, n. 1-4, p. 5-29, 1991.

NAIR, PK Ramachandran et al. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in agronomy*, v. 108, p. 237-307, 2010.

O'BRIEN, D.; MARKIEWICZ-KESZYCKA, M.; HERRON, J. Environmental impact of grass-based cattle farms: A life cycle assessment of nature-based diversification scenarios. *Resources, Environment and Sustainability*, v. 14, p. 100126, 2023.

OLIVEIRA, Euclides Reuter et al. Impactos ecológicos e socioambientais da transição agroecológica para produção orgânica de leite em Sidrolândia-MS. 2014.

DE OLIVEIRA, Euclides Reuter et al. Ecological and socio-environmental impacts of conversion to organic dairy farming. *Organic Agriculture*, v. 12, n. 4, p. 495-512, 2022.

OSORIO, Laura Gonçalves; DIAS, Marcelo Fernandes Pacheco. Análise Comparativa Métodos Brasileiros de Avaliação do Desenvolvimento Sustentável em Propriedades Agrícolas. *Ambiente & Sociedade*, v. 27, p. e00060, 2024.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, v. 105, p. 2109-2135, 2015.

PEIXOTO, Marília Lara et al. Assessment of mite fauna in different coffee cropping systems in Brazil. *Biocontrol Science and Technology*, v. 27, n. 3, p. 424-432, 2017.

PRIMAVESI, Ana Maria. Agroecologia e manejo do solo. *Revista Agriculturas*, v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008.

ROCHA, Francis Barbosa. Resistência camponesa à escassez de água: o caso do pré-assentamento de reforma agrária Canaã, na APA da Bacia do Rio Descoberto, DF. 2021. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

RODRIGUES, G. S. et al. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: AMBITEC-AGRO. 2003.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental na agropecuária brasileira: aplicações na intensificação ecológica da produção leiteira. 2015.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti; CAMPANHOLA, Clayton; KITAMURA, Paulo Choji. Avaliação De Impacto Ambiental Da Inovação Tecnológica Agropecuária: Um Sistema De Avaliação Para O Contexto Institucional De P&D. 2002.

ROSSET, Jean Sérgio et al. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável. Brasília: Ipea, 2017., 2017.

SANTOS, Christiane Fernandes dos et al. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, p. 33-52, 2014.

SANTOS, Mário Jorge Campos dos; PAIVA, Samantha Nazaré de. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 1, p. 135-141, 2002.

SCHMIDT, Marcus et al. Nutrient saturation of crop monocultures and agroforestry indicated by nutrient response efficiency. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 119, n. 1, p. 69-82, 2021.

SCHNABEL, Florian et al. Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production. *Agroforestry systems*, v. 92, p. 1535-1549, 2018.

SCHULER, Hanna R. et al. Ecosystem services from ecological agroforestry in Brazil: A systematic map of scientific evidence. *Land*, v. 11, n. 01, p. 83, 2022.

SEGNON, Alcade C. et al. Farmer's knowledge and perception of diversified farming systems in sub-humid and semi-arid areas in Benin. *Sustainability*, v. 7, n. 6, p. 6573-6592, 2015.

SEITZ, Benjamin et al. Increased SOM stocks in a seven-year-old agroforestry system in central Switzerland. 2017.

SEVILLA GUZMÁN, Eduardo. A perspectiva sociológica em Agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. *Agroecol. e Desenvolv. Rural Sustent.*, v. 3, p. 18-28, 2002.

SILVA NETO, Benedito. Sistemas Agrários e Agroecologia: a dinâmica da agricultura e as condições para uma transição agroecológica no município de Porto Xavier (RS). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 9, n. 2, p. 15-29, 2014.

SOARES, João Paulo Guimarães; RODRIGUES, Geraldo Stachetti. Avaliação social e ambiental de tecnologias da Embrapa: Sistema Ambitec-Agro, 2013.

SOARES, J. P. G. et al. Environmental impacts of transition between conventional bovine milk production to organic in the Federal District and surroundings integrated development region. 2015.

SOARES, João Paulo Guimarães et al. Impactos ambientais da transição entre a produção de leite bovino convencional para orgânico na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno (RIDE/DF). *Revista on line de Extensão e Cultura-RealizAÇÃO*, v. 8, n. 16, p. 43-63, 2021.

VALDÉS-VELARDE, Eduardo et al. Ecosystem service of carbon stored in coffee plantations under shade in agroforestry systems. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, v. 13, n. SPE28, p. 287-297, 2022.

VALENCIA, Vivian et al. Smallholder response to environmental change: Impacts of coffee leaf rust in a forest frontier in Mexico. *Land use policy*, v. 79, p. 463-474, 2018.

VAN DER PLOEG, Jan Douwe. *Camponeses e Impérios Alimentares; lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização*. UFRGS Editora, 2008.

VAN DER PLOEG, Jan Douwe. *The new peasantries: struggles for autonomy and sustainability in an era of empire and globalization*. Routledge, 2012.

VAN ECK, Nees; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

VASCONCELOS, Bruno N. F. et al. O CONHECIMENTO AMERÍNDIO NO MANEJO DOS ECOSSISTEMAS FLORESTAIS: UMA BREVE REVISÃO. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 416-433, ISSN: 1980-9735. 2023.

VAZ, Patricia. Regenerative analog agroforestry in Brazil. *LEISA-LEUSDEN-*, v. 16, p. 14-16, 2000.

VELÁSQUEZ-VALENCIA, Alexander; BONILLA-GOMEZ, María Argenis. Influence of the configuration and heterogeneity of the agroforestry and silvopastoral mosaics on the bird community, Andean Amazon of Colombia. *Revista de Biología Tropical*, v. 67, n. 1, p. 306-320, 2019.

WEZEL, Alexander et al. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for sustainable development*, v. 29, p. 503-515, 2009.

12. ANEXO

Figura 7 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC para o Indicador de "Conservação da biodiversidade e recuperação ambiental"

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA PESQUISA

Que alterações foram observadas na conservação da biodiversidade e na recuperação ambiental?								
Conservação da biodiversidade e recuperação ambiental	Variáveis de conservação da biodiversidade			Variáveis de recuperação ambiental				Averiguação fatores de ponderação
	Vegetação nativa	Fauna silvestre	Espécies / variedades tradicionais (caboclas)	Solos degradados	Ecossistemas degradados	Áreas de Preservação Permanente	Reserva Legal	
Fatores de ponderação k	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	1
Escala da ocorrência =	Não se aplica	Marcar com X			X			
	Pontual	1						
	Local	2	3	3			0	
	Entorno	5				3		
Coeficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)	0,6	0,6	0	0,9	2,25	0	0	4,35

Figura 8 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA PESQUISA

Índices de impacto da tecnologia / atividade rural

EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA		TRABALHO / EMPREGO	
Mudança no uso direto da terra	5,00	Capacitação 3,75	
Mudança no uso indireto da terra	2,75	Qualificação e oferta de trabalho 1,80	
Consumo de água	3,00	Qualidade do emprego / ocupação 0,00	
Uso de insumos agrícolas	12,00	Oportunidade, emancipação e recompensa equitativa entre gêneros, gerações e etnias 3,75	
Uso de insumos veterinários e matérias-primas	-9,00		
Consumo de energia	-12,50		
Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia	1,65		
QUALIDADE AMBIENTAL		RENDA	
Emissões à atmosfera	-0,80	Geração de renda 13,00	
Qualidade do solo	12,50	Valor da propriedade 15,00	
Qualidade da água	0,20		
Conservação da biodiversidade e recuperação ambiental	4,35	SAÚDE	
RESPEITO AO CONSUMIDOR		Segurança e saúde ocupacional 1,50	
Qualidade do produto	9,75	Segurança alimentar 6,00	
Capital social	5,25	GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO	
Bem-estar e saúde animal	15,00	Dedicação e perfil do responsável 7,75	
		Condição de comercialização 8,00	
		Disposição de resíduos 12,00	
		Gestão de insumos químicos 0,00	
		Relacionamento institucional 7,50	

Figura 9 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC

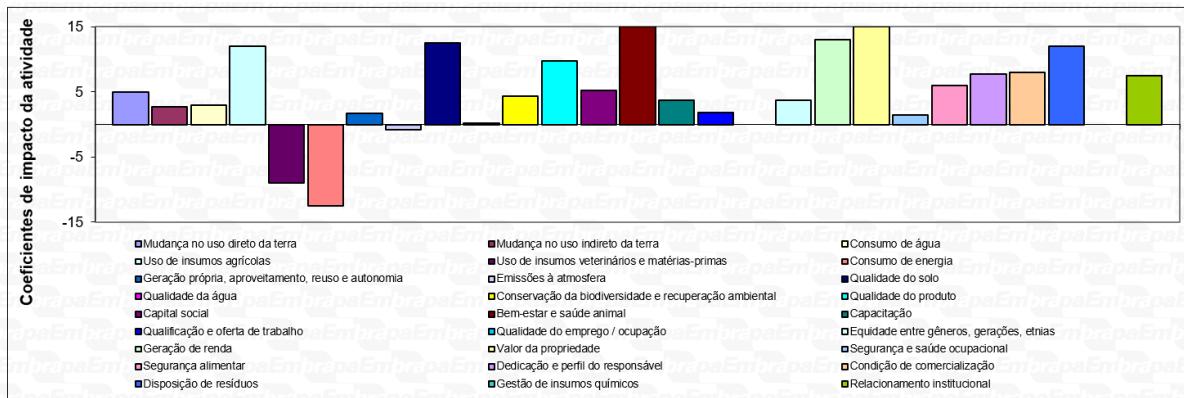


Figura 10 - Exemplo da aplicação da Metodologia AMBITEC

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA PESQUISA

Critérios de impacto da atividade	Importância do critério	Coeficientes desempenho	Índices integrados	
Mudança no uso direto da terra	0,05	5,0		
Mudança no uso indireto da terra	0,05	2,8		
Consumo de água	0,05	3,0		
Uso de insumos agrícolas	0,05	12,0		
Uso de insumos veterinários e matérias-primas	0,05	-9,0		
Consumo de energia	0,05	-12,5		
Geração própria, aproveitamento, reuso e autonomia	0,025	1,7	0,4	
Emissões à atmosfera	0,02	-0,8		
Qualidade do solo	0,05	12,5		
Qualidade da água	0,05	0,2		
Conservação da biodiversidade e recuperação	0,05	4,4		
Qualidade do produto	0,05	9,8	4,1	
Capital social	0,02	5,3	10,0	
Bem-estar e saúde animal	0,02	15,0		
Capacitação	0,02	3,8		
Qualificação e oferta de trabalho	0,02	1,8		
Qualidade do emprego / ocupação	0,05	0,0	2,3	
Equidade entre gêneros, gerações, etnias	0,02	3,8		
Geração de renda	0,05	13,0	14,0	
Valor da propriedade	0,02	15,0		
Segurança e saúde ocupacional	0,025	1,5	3,8	
Segurança alimentar	0,05	6,0		
Dedicação e perfil do responsável	0,05	7,8		
Condição de comercialização	0,05	8,0		
Disposição de resíduos	0,02	12,0	7,1	
Gestão de insumos químicos	0,02	0,0		
Relacionamento institucional	0,02	7,5		
Averiguação da ponderação	1	Índice de impacto da tecnologia	4,48	Índice geral de impacto da tecnologia