



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade - PPGCS

FELIPE DA ROCHA ARAUJO

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO FERRAMENTA DE
RESTAURAÇÃO ECOSISTÊMICA NA REGIÃO DA HILEIA BAIANA**

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

2026

FELIPE DA ROCHA ARAUJO

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO FERRAMENTA DE
RESTAURAÇÃO ECOSSISTÊMICA NA REGIÃO DA HILEIA BAIANA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Sustentabilidade da Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientadora: Dra. Viviane Maria Barazetti

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia
Sistema de Bibliotecas

A663s

Araujo, Felipe da Rocha.

Sistemas agroflorestais como ferramenta de restauração
ecossistêmica na região da Hileia Baiana / Felipe da Rocha Araujo.
Teixeira de Freitas, 2026.
86 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia,
Campus Paulo Freire, Centro de Formação em Desenvolvimento
Territorial, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade,
2026.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Ecologia. 3. Bahia (Estado). I. Título.
II. Silva, João Batista Lopes da.

CDD – 577.3

FELIPE DA ROCHA ARAUJO

SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO FERRAMENTA DE RESTAURAÇÃO ECOSISTÊMICA NA REGIÃO DA HILEIA BAIANA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Sustentabilidade da Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientadora: Dra. Viviane Maria Barazetti

Este trabalho foi submetido à avaliação e julgado aprovado em: 04/02/2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO DE OLIVEIRA LATUF**
Data: 13/03/2026 12:49:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcelo Oliveira Latuf
(UNIFAL)

Documento assinado digitalmente
 **GERSON DOS SANTOS LISBOA**
Data: 13/03/2026 11:54:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Gerson dos Santos Lisboa
(UFG)

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO DIEGO QUOOS**
Data: 13/03/2026 17:10:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rodrigo Diego Quoos
(IFBaiano)

Documento assinado digitalmente
 **JOAO BATISTA LOPES DA SILVA**
Data: 16/03/2026 10:23:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ORIENTADOR(A)
Dr. João Batista Lopes da Silva
(UFSB)

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos à Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade (PPGCS), bem como a todos os colegas discentes, docentes e à equipe administrativa, pela formação proporcionada e pelo suporte fundamental ao longo dessa trajetória.

Registro minha profunda gratidão, respeito e admiração a João Batista Lopes da Silva e Viviane Maria Barazetti, pela orientação qualificada, disponibilidade e dedicação constantes durante o desenvolvimento deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos ao Programa *Arboretum* e, especialmente, às comunidades da aldeia indígena Meio da Mata, da aldeia indígena Craveiro e da comunidade Rancho Queimado, pela colaboração e apoio à realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço à minha família, que compreendeu e apoiou cada etapa desse processo, e a todos os amigos e amigas que, de diferentes formas, me incentivaram e fortaleceram nos momentos mais desafiadores dessa caminhada.

EPÍGRAFE

*“Eu quase não saio
Quase não tenho amigo
Quase que não consigo
Ficar na cidade sem viver contrariado”*
Lamento sertanejo - Gilberto Gil

ARAUJO, Felipe da Rocha. **Sistemas agroflorestais como restauração ecossistêmica na região da Hileia Baiana**. Orientador: João Batista Lopes da Silva. 2026. Dissertação (Mestrado em Ciências e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Teixeira de Freitas, 2026.

RESUMO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) representam uma alternativa promissora para a produção agropecuária sustentável, devido ao seu baixo impacto sobre a degradação ambiental, à sua dinâmica produtiva baseada em princípios ecológicos, à geração de benefícios socioambientais e à contribuição para a produção de alimentos saudáveis. Esta dissertação teve como objetivos examinar o estado da arte dos SAFs, avaliar o desempenho biológico de espécies florestais nativas em arranjos agroflorestais e analisar a dinâmica da cobertura vegetal desses sistemas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, com ênfase em índices espectrais de vegetação. A pesquisa foi desenvolvida em três capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma revisão sistemática sobre SAFs, com a finalidade de compreender o estado atual do conhecimento sobre o tema. O segundo capítulo trata-se da avaliação da dinâmica de espécies florestais nativas em SAFs, onde foi possível avaliar a dinâmica de estabelecimento e desenvolvimento de espécies florestais nativas em SAFs implantados na Hileia Baiana. O terceiro capítulo relaciona dados de monitoramento da cobertura vegetal, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e dados meteorológicos como indicador de sucesso na implantação e desenvolvimento de SAFs. Ao integrar essas diferentes abordagens, esta dissertação propõe uma análise aprofundada dos SAFs, contribuindo para a difusão do conhecimento científico sobre seus potenciais e desafios.

Palavras chaves: Serviços ambientais; Biodiversidade; Ecologia.

ARAÚJO, Felipe da Rocha. **Agroforestry systems as ecosystem restoration in the bahian rainforest region**. Advisor: João Batista Lopes da Silva. 2026. Dissertation (Master's in Science and Sustainability) – Federal University of Southern Bahia, Teixeira de Freitas, 2026.

ABSTRACT

Agroforestry systems (AFS) represent a promising alternative for sustainable agricultural production due to their low impact on environmental degradation, their productive dynamics based on ecological principles, the generation of socio-environmental benefits, and their contribution to the production of healthy food. This dissertation aimed to examine the state of the art of AFS, evaluate the biological performance of native forest species in agroforestry arrangements, and analyze the dynamics of vegetation cover in these systems using remote sensing techniques, with an emphasis on spectral vegetation indices. The research was developed in three chapters. The first chapter presents a systematic review of AFS, with the aim of understanding the current state of knowledge on the subject. The second chapter deals with the evaluation of the dynamics of native forest species in AFS, where it was possible to assess the dynamics of establishment and development of native forest species in AFS implemented in the Hileia Baiana. The third chapter relates vegetation cover monitoring data, using the Normalized Difference Vegetation Index, and meteorological data as indicators of success in the implementation and development of agroforestry systems (AFS). By integrating these different approaches, this dissertation proposes an in-depth analysis of AFS at regional and global scales, contributing to the dissemination of scientific knowledge about their potential and challenges.

Keywords: Environmental services; Biodiversity; Ecology.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: Sistemas agroflorestais: uma revisão sistemática

Figura 1 - Fluxograma de análise de dados.....	12
Figura 2 - Nuvem de palavras destacadas nos artigos selecionados e analisados.....	14
Figura 3 - Ano de publicação.....	19
Figura 4 - idioma dos estudos.....	20
Figura 5 - local de estudo.....	20
Figura 6 - Distribuição de estudos por tema central.....	21
Figura 7 - Distribuição de estudos por tipo de metodologia.....	22

CAPÍTULO 2: Dinâmica de espécies florestais nativas em sistemas agroflorestais na Hileia Baiana

Figura 1 - Localização dos SAFs avaliados.....	34
Figura 2 - Croqui SAF 3 x 0,5 na aldeia indígena Meio da Mata.....	35
Figura 3 - Croqui SAF 3 x 1 na comunidade Rancho Queimado.....	35
Figura 4 - Croqui SAF 3 x 1,5 na aldeia indígena Craveiro.....	36
Figura 5 - Fluxograma da metodologia.....	36
Figura 6 - Distribuição dos indicadores de desempenho.....	40
Figura 7 - Figura 7 - Comparativo temporal da implantação de um Sistema Agroflorestal (SAF) na Comunidade Rancho Queimado.....	41
Figura 8 - Área de SAF implantado na aldeia Meio da Mata.....	43

CAPÍTULO 3: Índice de vegetação com NDVI em sistemas agroflorestais

Figura 1 - Mapa de localização das áreas avaliadas.....	52
Figura 2 - Representação espacial da área CR06.....	54
Figura 3 - Curva de evolução temporal do NDVI na comunidade Rancho Queimado.....	56
Figura 4 - Curva de evolução temporal do NDVI na aldeia indígena Craveiro.....	56
Figura 5 - Curva de evolução temporal do NDVI na Aldeia indígena Meio da Mata.....	57
Figura 6 - Gráfico do NDVI médio por comunidades.....	58
Figura 7 - Variação mensal da precipitação e da temperatura de Alcobaça	59
Figura 8 - Variação mensal da precipitação e da temperatura de Porto Seguro.....	60
Figura 9 - Variação mensal da precipitação e da temperatura de Prado.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADAB	Agência de Defesa Agropecuária da Bahia
AFS	Agroforestry Systems
APP	Área de Preservação Permanente
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CSV	Valores Separados por Vírgula
DAC	Diâmetro à Altura do Coleto
DDSA	Diretoria de Defesa Sanitária Animal
DE	Palavras-chave do Autor
DOI	Identificador de Objeto Digital
DP	Desvio Padrão
DT	Tipo de Documento
EP	Erro Padrão
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GADGEO	Gerência de Análise de Dados Geográficos e Estatísticos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQR	Intervalo Interquartil
L2A	Nível 2A (processamento de imagens)
LMM	Modelo Linear de Efeitos Mistos
MG	Minas Gerais
MO	Matéria Orgânica
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NIR	Near-Infrared (Infravermelho Próximo)
ONG	Organização Não Governamental
PR	Paraná
PY	Ano de Publicação
Q1	Primeiro Quartil
Q3	Terceiro Quartil
RED	Vermelho (Banda espectral)
RJ	Rio de Janeiro
RL	Reserva Legal
SAF	Sistema Agroflorestal
SO	Fonte
SR	Sensoriamento Remoto
T1	Avaliação inicial (implantação)
T2	Avaliação 2 (1 ano depois)
TC	Número de Citações
USSMA	Unidade de Saúde e Segurança do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO	8
2.1 Objetivos específicos.....	8
3. Capítulo 1: Sistemas agroflorestais: uma revisão sistemática.....	9
3.1 Introdução	11
3.2 Metodologia.....	12
3.3 Resultados	14
3.4 Discussão	22
3.4 Conclusões	25
3.6 Referências	26
4. Capítulo 2: Dinâmica de espécies florestais nativas em sistemas agroflorestais na Hileia Baiana.....	29
4.1 Introdução	32
4.2 Metodologia.....	33
4.3 Resultados e Discussão	38
4.4 Conclusões	43
4.5 Referências	45
5. Capítulo 3: Índice de vegetação com NDVI em sistemas agroflorestais.....	47
5.1 Introdução	50
5.2 Metodologia.....	51
5.3 Resultados e Discussão	55
5.5 Conclusões	63
5.5 Referências	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
6. PERSPECTIVAS.....	67
7. REFERÊNCIAS	68
APENDICES	71
ANEXOS	72

1. INTRODUÇÃO

A agricultura convencional, predominante e baseada em monocultivos deixou e ainda deixa uma marca negativa. Esse modelo de produção, em vez de solucionar a questão da fome no mundo, não conseguiu atender essa demanda e além disso, trouxe desequilíbrios ambientais, como a destruição de ecossistemas e a poluição do solo e da água (MACHADO, 2023). A pressão da atividade antrópica sobre o uso da terra intensificou-se, pois a expansão das áreas agrícolas não ocorreu apenas sobre pastagens, mas também sobre florestas e savanas, ocasionando a fragmentação dos biomas naturais, o desaparecimento de espécies vegetais e animais, o aumento da emissão de gases de efeito estufa por meio de desmatamentos e queimadas, além da perda dos serviços ecossistêmicos, que incluem a conservação do solo e da água, a regulação de insetos polinizadores e o surgimento de pragas e doenças (DERANI; SCHOLZ, 2017).

Os sistemas de monocultivos, independentemente da cultura cultivada, acarretam diversos impactos negativos, entre os quais se destacam a degradação da qualidade do solo, o desequilíbrio ambiental e o empobrecimento nutricional ao longo do tempo. A repetição contínua de uma mesma espécie intensifica a dependência do uso de fertilizantes e agrotóxicos, frequentemente aplicados de forma indiscriminada, com o intuito de controlar pragas (LIMA BALASSA et al., 2024). Tais práticas resultam na contaminação do solo e dos corpos hídricos, comprometendo o equilíbrio ecológico local (BOTELHO; ANDRADE, 2012). Ressalta-se, ainda, que os agrotóxicos podem atingir os lençóis freáticos subterrâneos por meio da lixiviação e da erosão do solo, afetando, consequentemente, a qualidade da água (LIMA BOHNER et al., 2013).

Temas como a garantia da segurança alimentar, a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade, a redução do uso de agroquímicos e a mitigação das mudanças climáticas tornaram-se prioridades nas agendas internacionais (OLIVEIRA et al., 2024). Nesse contexto, é certo que práticas convencionais que alteram ambientes naturais originais, especialmente a cobertura vegetal nativa, chegam a oferecer retorno financeiro imediato, mas mostraram-se insustentáveis, resultando em perda de rentabilidade ao longo do tempo devido ao esgotamento dos recursos naturais (BRANCALION et al., 2015).

Como alternativa a agricultura convencional, mais precisamente os monocultivos, destacam-se os SAFs, praticados há mais de 10.000 anos, quando populações tradicionais passaram a cultivar de forma biodiversa a partir do manejo de clareiras e da manutenção de árvores e

arbustos em sistemas integrados ou em sucessão (MAZOYER; ROUDART, 2010). A construção de sinergias nos sistemas alimentares proporciona múltiplos benefícios, uma vez que, ao otimizar processos biológicos, as práticas agroecológicas fortalecem funções ecológicas e aumentam a eficiência e a resiliência no uso de recursos. Em escala global, por exemplo, a fixação biológica de nitrogênio por leguminosas em sistemas consorciados ou rotações gera uma economia anual de aproximadamente 10 milhões de dólares em fertilizantes nitrogenados, ao mesmo tempo em que contribui para a saúde do solo e para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas (FAO, 2018).

No Brasil, os SAFs passaram a ser implementados com maior intensidade a partir da década de 1980, sobretudo por pequenos agricultores. Observa-se uma ampla diversidade de modalidades, que vão desde os quintais agroflorestais familiares, característicos das regiões de Mata Atlântica, até grandes consórcios comerciais, como os sistemas de café e cacau sombreado (GONÇALVES et al., 2012). Ressalta-se, ainda, que os SAFs são mais comumente adotados na Amazônia Ocidental (SANTOS et al., 2002) e no sul da Bahia (SCHROTH et al., 2002).

Segundo o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), existem no país 490.647 propriedades e 13,9 milhões de hectares ocupados com SAFs. Embora esses sistemas estejam presentes em todas as regiões brasileiras, apresentando características distintas, a diversificação de cultivos e criações nas unidades de produção agropecuária ainda não é priorizada, prevalecendo o monocultivo. Esse cenário eleva os riscos de perdas produtivas e de geração de renda, contribuindo para a insegurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras (TELES ARANTES et al., 2023).

Apesar de seus benefícios, muitos agricultores enfrentam dificuldades para compreender os mecanismos ecológicos complexos que regem os SAFs, os quais exigem dedicação e conhecimento desde o planejamento até a comercialização da produção (LEMOS et al., 2024). Para Camargo (2017), a ausência de assistência técnica adequada e contínua constitui um fator limitante para a expansão desses sistemas, somando-se às dificuldades de geração de renda e viabilidade financeira. Entre as principais causas desses entraves destacam-se, ainda, as barreiras burocráticas e legais para a comercialização de produtos nativos (MICCOLIS et al., 2016).

Segundo Miccolis et al. (2016), os SAFs fundamentados na sucessão natural possibilitam múltiplos arranjos de espécies adaptados às condições locais, inspirados nos ecossistemas originais. Esses sistemas apresentam alto potencial para a recuperação de áreas degradadas, incluindo Áreas de Preservação Permanente, como demonstrado por Padovan et al. (2019a),

que, ao estudarem SAFs biodiversos implantados por agricultores em todas as regiões do Brasil, constataram elevada produção de serviços ambientais. Padovan et al. (2022) ressaltam ainda que os SAFs devem ser compostos por ampla diversidade de espécies arbóreas nativas, de diferentes famílias botânicas e grupos sucessionais, com predominância de espécies zoocóricas, leguminosas, decíduas e semidecíduas, favorecendo processos como ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e melhorias nas propriedades do solo, fortalecendo, assim, a recuperação de áreas degradadas.

Assim, a análise de distintos SAFs revela-se essencial para identificar caminhos que conciliam produtividade, conservação ambiental e justiça social, reforçando seu papel estratégico na construção de uma agricultura mais sustentável e adaptada às mudanças climáticas.

2. OBJETIVO

Examinar o estado da arte dos SAFs, avaliando o desempenho biológico de espécies florestais nativas em arranjos agroflorestais com base na evolução da dinâmica da cobertura vegetal desses sistemas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, com ênfase em índices espectrais de vegetação.

2.1 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão sistemática sobre os SAFs, com a finalidade de compreender o estado atual do conhecimento científico sobre o tema;
- Avaliar a dinâmica de estabelecimento e desenvolvimento de espécies florestais nativas implantadas em SAFs localizados nas comunidades Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro, na região da Hileia Baiana;
- Analisar a evolução temporal da vegetação utilizando o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivado de imagens Sentinel-2 (nível L2A), em SAFs localizados nas comunidades Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro, localizados na Hileia Baiana;

3. Capítulo 1: Sistemas agroflorestais: uma revisão sistemática

Felipe da Rocha Araujo¹; João Batista Lopes da Silva¹; Viviane Maria Barazetti²

¹Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), PPGCS, Teixeira de Freitas/BA, Brasil.

E-mail: lipirochaph@gmail.com; silvajbl@ufsb.edu.br;

²Fundação José Silveira USSMA - PROGRAMA ARBORETUM, Teixeira de Freitas/BA, Brasil. E-mail: viviane.barazetti@fjs.org.br

RESUMO

Considerados como uma estratégia relevante para conciliar a produção agropecuária com a conservação ambiental e a geração de benefícios socioambientais, os sistemas agroflorestais (SAFs) configuram-se como uma alternativa promissora que merece ser aprofundada. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo apresentar uma revisão sistemática sobre os SAFs, com a finalidade de compreender o estado atual do conhecimento científico sobre o tema. A revisão foi conduzida com rigor metodológico, incluindo a seleção criteriosa dos periódicos analisados, a definição das palavras-chave “agrofloresta”, “sistemas agroflorestais” e “biodiversos”, bem como a utilização de ferramentas de programação, como o RStudio, para assegurar a coerência entre o escopo da pesquisa e os estudos selecionados. As análises foram realizadas de forma descritiva, com ênfase nas principais similaridades, padrões e lacunas identificados entre os trabalhos. Os resultados evidenciam que os SAFs contribuem para a recuperação de áreas degradadas, o aumento da fertilidade do solo, o sequestro de carbono e a promoção da biodiversidade, além de favorecerem a autonomia de agricultores familiares e comunidades locais. Contudo, observam-se lacunas relacionadas à avaliação integrada de múltiplos serviços ecossistêmicos, à análise de longo prazo e à resiliência dos SAFs frente às mudanças climáticas. Observa-se, também, a escassez de estudos que abordam políticas públicas, incentivos para a adoção em larga escala e comparações entre diferentes arranjos agroflorestais. Conclui-se que os SAFs possuem elevado potencial como modelos produtivos sustentáveis, capazes de integrar conservação ambiental e geração de benefícios socioeconômicos. Entretanto, sua consolidação em maior escala requer avanços científicos que aprofundem a compreensão de seus múltiplos serviços ecossistêmicos, bem como o fortalecimento institucional e político para ampliar os incentivos e promover sua adoção efetiva.

Palavras-chaves: Agroecologia; Restauração florestal; Uso sustentável da terra.

ABSTRACT

Considered a relevant strategy for reconciling agricultural production with environmental conservation and the generation of socio-environmental benefits, agroforestry systems (AFS) represent a promising alternative that deserves further investigation. In this sense, this work aimed to present a systematic review of AFS, in order to understand the current state of scientific knowledge on the subject. The review was conducted with methodological rigor, including the careful selection of analyzed journals, the definition of the keywords "agroforestry," "agroforestry systems," and "biodiverse," as well as the use of programming tools, such as RStudio, to ensure coherence between the scope of the research and the selected studies. The analyses were descriptive, emphasizing the main similarities, patterns, and gaps identified among the works. The results show that AFS contribute to the recovery of degraded areas, increased soil fertility, carbon sequestration, and the promotion of biodiversity, in addition to favoring the autonomy of family farmers and local communities. However, gaps are observed regarding the integrated assessment of multiple ecosystem services, long-term analysis, and the resilience of agroforestry systems (AFS) to climate change. There is also a scarcity of studies addressing public policies, incentives for large-scale adoption, and comparisons between different agroforestry arrangements. It is concluded that AFS have high potential as sustainable production models, capable of integrating environmental conservation and the generation of socioeconomic benefits. However, their consolidation on a larger scale requires scientific advances that deepen the understanding of their multiple ecosystem services, as well as institutional and political strengthening to expand incentives and promote their effective adoption.

Keywords: agroecology; forest restoration; sustainable land use.

3.1 Introdução

A necessidade de desenvolver formas de produção de alimentos com impacto reduzido ao meio ambiente vem sendo pauta importante e que segue ganhando atenção da sociedade e segundo Veiga (2009), o desenvolvimento sustentável é aquele que garante a manutenção em longo prazo dos recursos naturais e da produtividade agrícola, o mínimo de impactos adversos aos produtores; o retorno econômico adequado aos produtores, a otimização da produção com o mínimo de insumos externos, reduzindo os riscos de poluição e tornando o sistema mais complexo, a satisfação das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais além da satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda.

Pensando nisso os SAFs, apresentam-se como uma excelente alternativa de cultivo sustentável, pois além de imitar padrões ecológicos naturais, permitem também otimizar a produção por unidade de superfície, respeitando sempre o princípio de rendimento contínuo, principalmente por meio da manutenção e recirculação do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis (Martins et al., 2022).

Os SAFs representam modelos de produção agrícola com potencial para contribuir com a mitigação das mudanças climáticas, especialmente quando se desenvolvem sistemas biodiversos com variedades de espécies, imitando a floresta nativa, Woda (2009) e Arco-Verde e Amaro (2015), apontam, como principais benefícios das árvores nestes sistemas a possibilidade de exploração madeireira controlada, produção de alimentos e produtos não madeireiros, aumento da viabilidade da produção, da biodiversidade, tanto florística como faunística, produção de combustíveis, medicamentos, proteção contra erosões eólicas, hídricas, ciclagem de nutrientes e matéria orgânica (MO) no solo.

O conhecimento sobre os SAFs tem se consolidado, sendo estes caracterizados como agroecossistemas nos quais a presença do componente arbóreo, a diversidade de espécies e a elevada produção de biomassa contribuem para a sustentabilidade ambiental, especialmente por meio da ciclagem de nutrientes no solo (Franke et al., 1998; Young, 2017).

Diante da importância dos SAFs e da necessidade de pesquisas que apoiem seu desenvolvimento, esta revisão sistemática tem como objetivo principal analisar e investigar a literatura científica relacionada aos SAFs. De forma específica, buscou-se selecionar os artigos com rigor metodológico, assegurando a qualidade científica e a relevância temporal das

publicações. Além disso, objetivou-se identificar os principais padrões e lacunas existentes nos estudos selecionados, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e crítica sobre a temática.

3.2 Metodologia

Esta pesquisa adotou a metodologia de revisão sistemática, que, conforme definição de Galvão e Pereira (2014), utilizou estudos primários previamente realizados para sintetizar informações gerais sobre uma temática específica. O desenvolvimento do trabalho foi estruturado em etapas rigorosas de coleta, análise e visualização de dados (Figura 1).

Inicialmente, a coleta de dados foi realizada nas bases bibliográficas Scopus e Web of Science. A escolha dessas bases se justifica por sua abrangência e reconhecida relevância na indexação de publicações científicas em diversas áreas do conhecimento.

Na etapa de busca, empregou-se uma estratégia mais específica nas bases selecionadas, utilizando os termos-chave combinados: (*agrofloresta* or *sistemas agroflorestais* and *biodiversos*) (Quadro 1). Os termos foram selecionados por sua adequação e essencialidade para extrair o volume de dados relevante ao objetivo do estudo.

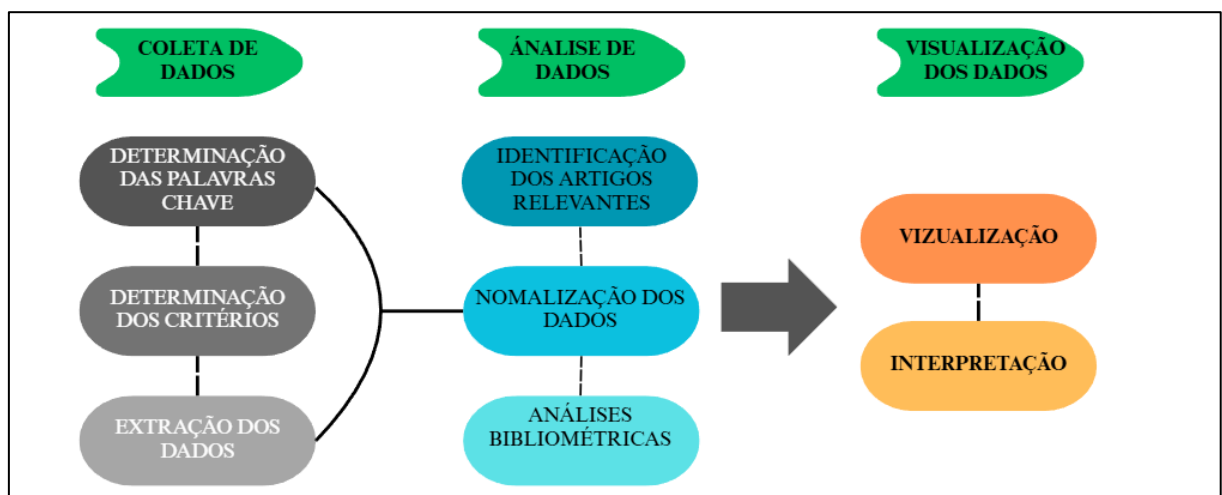


Figura 1 - Fluxograma de análise de dados.

Fonte: Autores (2025).

Quadro 1 - Critérios de busca e operadores booleanos definidos para composição da revisão bibliográfica.

CAMPOS DE SELEÇÃO	CRITÉRIOS DE BUSCA
Título, resumo ou palavras-chave	“agrofloresta”, “sistemas agroflorestais” e biodiversos
Data da publicação	2015 a 2025
Operadores booleanos	“or” e “and”
Tipo de documento	Artigo

Fonte: autores (2025).

Fontes de dados

Nesta etapa, os resultados das buscas realizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science foram exportados no formato valores separados por vírgula (CSV). Posteriormente, os arquivos exportados foram importados e processados no *software* RStudio, utilizando o pacote bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017).

Para unificar os dados provenientes das diferentes fontes e remover eventuais registros duplicados, foi utilizada a função `mergeDbSources()` do pacote bibliometrix, com o argumento `remove.duplicated = TRUE`. O código (*script*) referente a esta etapa está detalhado no Anexo 4.

Após a unificação, os dados bibliográficos foram salvos em um arquivo CSV denominado "dadosbiblio.csv" e posteriormente foi realizada uma análise e seleção, onde foi criado um novo conjunto de dados (P) contendo os seguintes dados de cada publicação: DOI (*Digital Object Identifier*), Ano de Publicação (PY), Fonte (SO), Tipo de Documento (DT), Palavras-chave do Autor (DE) e Número de Citações (TC).

O arquivo "dadosbibliosel.csv" foi utilizado como base para a triagem dos estudos e nesta etapa foi realizada a extração manual dos estudos para inclusão nesta revisão sistemática. Os estudos selecionados tiveram foco em estudos de SAFs e com abordagem em sustentabilidade, biodiversidade, ou impactos socioeconômicos-ecológicos. Neste processo, foram excluídos trabalhos que não estavam alinhados com o objetivo desta revisão.

Na etapa final, foram elaborados os Gráficos, Tabela e Nuvem de Palavras para compor e ilustrar a revisão sistemática. Estes foram complementados pela análise descritiva, que destacou as potencialidades e limitações apresentadas nos estudos analisados.

3.3 Resultados

Foram buscados estudos em 2 banco de dados, foram identificados 27 estudos, sendo que destes 26 foram provenientes da Web of Science (96,3%) e 1 da Scopus (3,7%). Após a análise, 13 trabalhos foram excluídos por se encontrarem fora do escopo deste estudo, uma vez que apresentam análises que não se inserem nos campos da agrofloresta, da agroecologia ou da restauração florestal e por não estarem devidamente alinhados aos objetivos desta revisão, restando 14 artigos para extração dos dados (Tabela 1). Dos 14 artigos aceitos para extração de dados foi gerado uma nuvem de palavras considerando a frequência que as palavras apareceram nos artigos. Assim, pode-se observar que as palavras que aparecem com maior frequência são: Agrofloresta, Solo, Qualidade, Saúde e Sistemas entre outros (Figura 2).



Figura 2 - Nuvem de palavras destacadas nos artigos selecionados e analisados.

Fonte: Autores (2025).

Tabela 1: Relação dos artigos incluídos na revisão sistemática.

AUTOR/ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Knierim, G. S.; Corrêa, V. D. S.; Barros, N. F. D.; Ferreira, M. A. T.; Sepúlveda, X. S. M.; Milhomem, A. P. A. S.; Fenner, A. L. D. (2022).	Cultivo biodinâmico de plantas medicinais em agroflorestas na promoção de territórios saudáveis e sustentáveis: uma proposta pedagógica de formação	SAÚDE EM DEBATE	Apresentar a formação-ação "Cultivo Biodinâmico de Plantas Medicinais em Agroflorestas na Promoção de Territórios Saudáveis e Sustentáveis" no Distrito Federal, Brasil, como estratégia de resistência ao agronegócio e fortalecimento da agroecologia.	Relato de experiência da formação-ação, com descrição do contexto, objetivos, público-alvo, atividades desenvolvidas e resultados alcançados.	Descrição da formação-ação e seus resultados no fortalecimento de práticas agroecológicas e produção de plantas medicinais em SAFs.
Amaral, G. C. D.; Vargas, A. B.; Almeida, F. S. (2019).	Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo	CIÊNCIA FLORESTAL	Avaliar a influência de atributos ambientais na biodiversidade de formigas em diferentes usos do solo, incluindo agrofloresta, em Seropédica, RJ, Brasil.	Coleta de dados em diferentes usos do solo (bananal, agrofloresta, cafezal sombreado e floresta secundária) em Seropédica, RJ, utilizando armadilhas de queda e extratores de Winkler para amostragem de formigas.	Maior riqueza de espécies de formigas na agrofloresta, indicando maior biodiversidade nesse sistema.
Nicodemo, M. L. F.; Castiglioni, P. P.; Pezzopane, J. R. M.; Tholon, P.; Carpanezi, A. A. (2016).	Reducing competition in agroforestry by pruning native trees	REVISTA ÁRVORE	Avaliar o efeito da poda de árvores nativas na redução da competição em um sistema agroflorestal em São Carlos, SP, Brasil.	Experimento em sistema agroflorestal com eucalipto e arroz, avaliando o efeito da poda de árvores nativas na competição com a cultura.	A poda de árvores nativas reduziu a competição com a cultura de arroz no sistema agroflorestal.
Laudares, S. S. A.; Borges, L. A. C.; Ávila, P. A. D.; Oliveira, A. L. D.; Silva, K. G. D.; Laudares, D. C. D. A. (2017)	Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations	CERNE	Analisar a legislação sobre áreas protegidas em propriedades rurais no Brasil, descrever as formas consolidadas de uso e ocupação nessas áreas, e propor alternativas técnicas sustentáveis, com foco em sistemas agroflorestais.	Revisão bibliográfica e análise documental da legislação brasileira sobre áreas protegidas e técnicas agrícolas de baixo impacto.	Apresentação da legislação sobre APPs e RL, análise das atividades permitidas e proposta de SAFs como alternativa para regularização ambiental.
Rocha, A. F. B.; Siquieroli, A. C. S.; Silva, A. D. A.;	Soil quality indicators in agroecological systems in	SOCIEDADE & NATUREZA	Selecionar indicadores de qualidade do solo sensíveis às diferentes práticas agrícolas	Coleta de amostras de solo em áreas de sistemas agroecológicos e áreas de pasto no Cerrado	Identificação de atributos do solo sensíveis ao manejo agroecológico, como

AUTOR/ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Carneiro, A. M. D. L.; Vasconcelos, B. N. F.; Gondim, D. D. R. (2022).	the cerrado of Minas Gerais, Brazil		adotadas em sistemas agroecológicos no Cerrado Mineiro, Brasil.	Mineiro, com análise de atributos químicos, microbiológicos e enzimáticos do solo.	respiração basal, beta-glucosidase, pH e microbiota.
Deiss, L.; Moraes, A.; Pelissari, A.; Franzluebbbers, A.; Neto, F.; Pontes, L.; Barro, R.; Szymczak, L. (2017).	Weed competition with soybean in no-tillage agroforestry and sole-crop systems in subtropical Brazil	PLANTA DANINHA	Analisar os efeitos da competição de plantas daninhas com a soja em sistemas agroflorestais e de cultivo solteiro (sem árvores) no sul do Brasil.	Experimento de campo em sistema agroflorestal com eucalipto e soja, avaliando o efeito da competição de plantas daninhas na produtividade da soja em diferentes distâncias das árvores.	A competição de plantas daninhas com a soja foi menor em sistemas agroflorestais do que em monocultivo.
Bondé, L.; Assis, J. C.; Benavides-Gordillo, S.; Canales-Gomez, E.; Fajardo, J.; Marrón-Becerra, A.; Noguera-Urbano, E. A.; Weidlich, E. W. A.; Ament, J. M. (2020).	Scenario-modelling for the sustainable management of non-timber forest products in tropical ecosystems	BIOTA NEOTROPICA	Apresentar a modelagem de cenários como ferramenta para o manejo sustentável de produtos florestais não madeireiros (PFNMs) em ecossistemas tropicais.	Revisão bibliográfica e modelagem de cenários para o manejo de PFNMs, com estudo de caso na Reserva da Biosfera Transfronteiriça W-Arly-Pendjari (Complexo WAP).	A modelagem de cenários pode auxiliar no manejo sustentável de PFNMs, considerando fatores ecológicos, sociais e econômicos.
Usman, N.; Hussain, M.; Akram, S.; Majeed, M.; Shah, S.; Rehman, F.; Yousaf, A.; Shaukat, S.; Shah, S. W. A.; Mishr, R. S.; Shrestha, S.; Saddiqa, A.; Room, S. A.; Ali, A. (2024).	Yield, carbon stock, and price dynamics of agroforestry tree species in district mardan, khyber pakhtunkhwa, pakistan	BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY	Avaliar o rendimento, o estoque de carbono e a dinâmica de preços de espécies de árvores agroflorestais no distrito de Mardan, Khyber Pakhtunkhwa, Paquistão.	Levantamento socioeconômico no distrito de Mardan, Paquistão, com coleta de dados sobre espécies de árvores agroflorestais, rendimento, estoque de carbono e preços.	Variação no rendimento, estoque de carbono e preços de diferentes espécies de árvores agroflorestais, com implicações para a adoção por agricultores.
De Souza, M. C. S.; Piña-Rodrigues, F. C. M.; Casagrande, J. C.; Da Silva, S. F.; Scoriza, R. N. (2016).	Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente	FLORESTA	Avaliar a funcionalidade ecológica de is biodiversos em Áreas de Preservação Permanente (APPs) em Paraty, RJ, Brasil, utilizando a serapilheira como indicador.	Coleta de dados em diferentes usos do solo (bananal, agrofloresta, cafezal sombreado e floresta secundária) em Seropédica, RJ, utilizando armadilhas de queda e extratores de Winkler para amostragem de formigas.	Aporte de serapilheira semelhante entre floresta e SAFs biodiversos, sugerindo funcionalidade ecológica dos SAFs na recuperação de APPs.

AUTOR/ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
DEISS L; MORAES A; PELISSARI A; PORFÍRIO-DA-SILVA V; DOMINSCEK R (2018)	Infestação e dispersão de joá em sistemas integrado de produção de eucalipto e soja no subtropical.	PLANTA DANINHA	Avaliar a infestação e a dispersão de solanáceas (<i>Solanum sisymbriifolium</i>) em soja em diferentes posições entre fileiras duplas de eucalipto (<i>Eucalyptus dunnii</i>) [20 m x (4m x 3 m)] em um sistema integrado de lavoura-pecuária no Brasil Subtropical.	Experimento em delineamento em blocos casualizados, com nove repetições e cinco posições equidistantes entre fileiras duplas (n=45) como tratamentos. A infestação da solanácea foi avaliada por biomassa, densidade de plantas (reprodutivas e vegetativas), e a dispersão por flor, fruto, sementes por fruto e peso de 100 sementes. A soja foi analisada quanto à produtividade de grãos.	O eucalipto promoveu interferência negativa na infestação e dispersão da solanácea, bem como na produtividade da soja, em maior extensão, próximo ao componente arbóreo. O eucalipto interferiu negativamente no rendimento da soja, com redução nas posições mais próximas.
SANTOS E R D; VESTENA L R; RIBEIRO F J C (2023)	Modelagem da interceptação da vegetação sob chuvas naturais em sistemas de produção de erva-mate / Modelagem da interceptação vegetal sob chuva natural em sistemas de produção de erva-mate	Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)	Mensurar a interceptação pela vegetação e avaliar os modelos de Rutter e Gash para estimar a interceptação em diferentes sistemas de produção de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i>).	O estudo foi conduzido em Guarapuava, sul do Brasil, de julho de 2019 a março de 2020. A precipitação total, o escoamento pelo tronco e a precipitação interna foram monitorados em cada evento de precipitação. Foram aplicados e avaliados os modelos de interceptação de Rutter e Gash. As áreas de estudo foram: monocultivo de erva-mate (MO), agrofloresta de erva-mate (AGF) e Floresta Ombrófila Mista Nativa (N-MOF).	A perda média de interceptação registrada foi de 15,6% no monocultivo de erva-mate, 21,4% na agrofloresta de erva-mate e 16,2% na Floresta Ombrófila Mista nativa. O modelo de Rutter apresentou estimativas mais próximas para o sistema de monocultivo de erva-mate, e o modelo de Gash para o sistema agroflorestal e a Floresta Ombrófila Mista nativa.
CARNEIRO J D C F; MELO C A D; ALVES Â A S; CARMO A L D; SOUZA J C; LAPICCIRELLA J D N; GIMENES M B (2024)	Competitividade de <i>Gliricidia sepium</i> convivendo com diferentes plantas daninhas	Ciência Florestal (Ci. Fl.)	Avaliar a competitividade da gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i>) convivendo com as plantas daninhas <i>Senna obtusifolia</i> (fedegoso), <i>Commelina benghalensis</i> (trapoeraba), <i>Bidens subalternans</i> (picão-preto), <i>Ipomoea triloba</i> (corda-de-violão) e <i>Urochloa brizantha</i> (braquiária).	O experimento foi montado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O crescimento inicial da gliricídia e das plantas daninhas foi avaliado por diâmetro do caule, altura da planta e número de folhas,	A competição da gliricídia com as plantas daninhas resultou na redução do incremento de todas as variáveis analisadas. Todas as plantas daninhas, com exceção de <i>C. benghalensis</i> (trapoeraba), interferiram negativamente no crescimento da gliricídia.

AUTOR/ANO	TÍTULO	PERIÓDICO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
				volume de raiz e massa da matéria seca das folhas, caule e raiz.	
PEREIRA J R; ALMEIDA F S (2023)	Influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna em diferentes usos do solo no município de Bom Despacho, estado de Minas Gerais	Ciência Florestal (Ci. Fl.)	Avaliar a influência de atributos ambientais sobre a mirmecofauna em áreas cultivadas, abordando também um remanescente de floresta nativa (Reserva Legal).	A mirmecofauna foi coletada em uma agrofloresta, fruticultura, pastagem e Reserva Legal em Bom Despacho, MG. Foram aferidas a profundidade de serapilheira, a altura das árvores e a circunferência do tronco (CAP). A riqueza e a diversidade (Índice de Shannon) foram analisadas.	Foram coletadas 45 espécies de formigas de 16 gêneros. A riqueza total de espécies foi significativamente maior na Reserva Legal. O aumento da complexidade estrutural do ambiente pode proporcionar maior riqueza e diversidade de espécies de formigas.
MACIEL J D C; SURIAN A; BRAHMLLARI E; TARASCONI B F; ANTONIO L (2019)	Agricultura e sistema de vida Terena. Um discurso e além	INTERAÇÕES	Comentar sobre a relação entre o sistema de vida de uma comunidade indígena (Terena) e algumas questões relacionadas ao desenvolvimento, expondo sua visão de mundo em relação à agricultura, educação e desenvolvimento.	Estruturado em torno da transcrição de um discurso de um líder indígena (Leosmar Antonio) na Terra indígena Mãe Terra, complementado por anotações e comentários que contextualizam a sabedoria ancestral e a dimensão intuitiva da fala.	O discurso destaca a importância da agrofloresta tradicional indígena, soberania alimentar, conexão com a terra e o meio ambiente. A pedagogia Terena é vista como a reprodução do sistema de vida ancestral, com atividades na horta incentivando a reconexão com o ambiente e a língua nativa.

Fonte: Autores (2025).

Foram extraídos dados referentes ao ano de publicação, ao local de estudo e ao idioma dos trabalhos analisados. Verifica-se que a produção científica sobre SAFs apresenta-se consistente e relativamente equilibrada nos anos mais recentes, com a maioria dos períodos registrando dois estudos, enquanto os anos de 2018 e 2020 contabilizaram apenas um estudo cada (Figura 3). Em relação ao idioma, observa-se uma predominância de publicações em português, que representam 85,7% (12 estudos) do total, enquanto apenas 14,3% (2 estudos) foram publicados em inglês (Figura 4). Quanto ao local ou contexto principal das pesquisas, nota-se uma concentração de estudos nos estados do Paraná (PR) e de Minas Gerais (MG), com três trabalhos em cada um. O estado do Rio de Janeiro (RJ) aparece em seguida, com dois estudos. O contexto internacional também está representado por dois trabalhos, sendo um realizado na África Ocidental e outro no Paquistão (Figura 5).

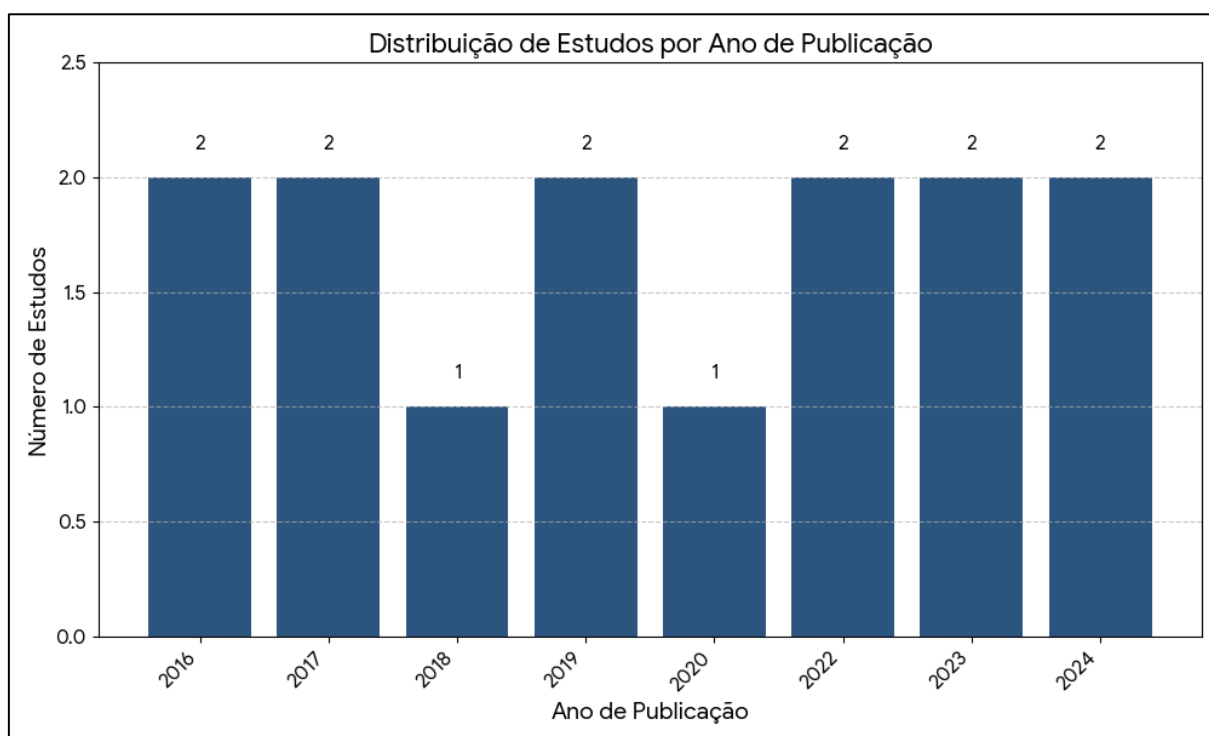


Figura 3 - Ano de publicação.

Fonte: Autores (2025).

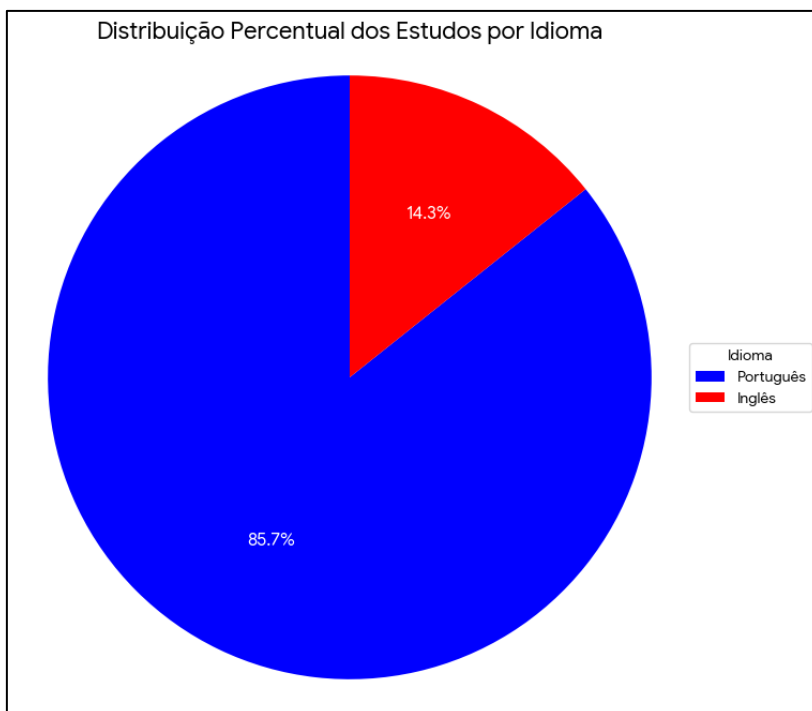


Figura 4 - Idioma dos estudos.

Fonte: Autores (2025).

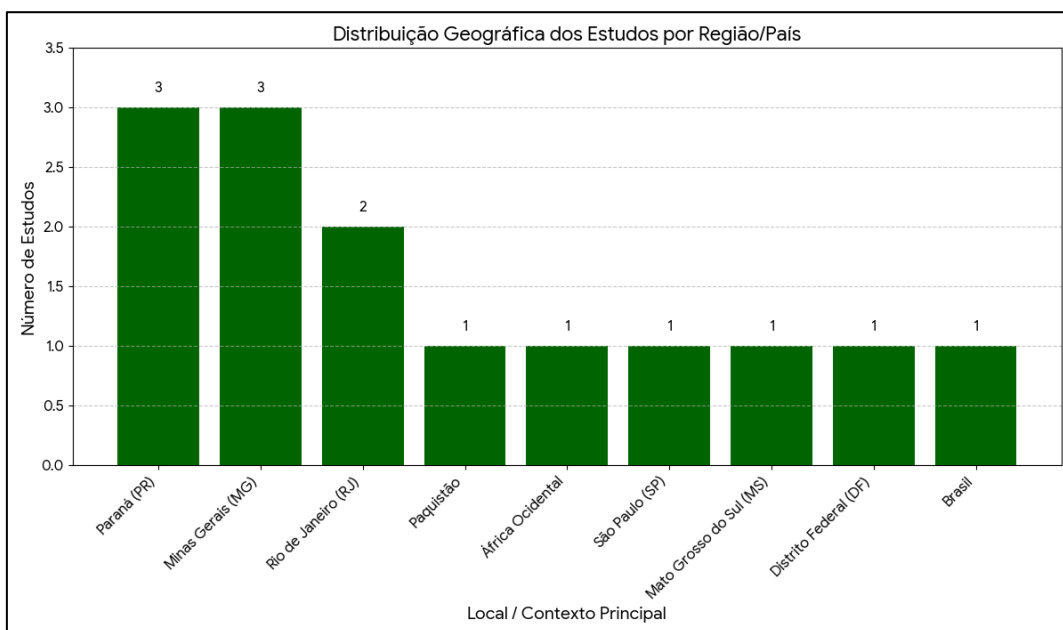


Figura 5 - Local dos estudos.

Fonte: Autores (2025).

A partir dos 14 estudos analisados, foi elaborado um gráfico (Figura 6) de barras que os categoriza de acordo com os temas centrais dos estudos, evidenciando o foco da presente revisão sistemática. A distribuição dos trabalhos revela a natureza múltipla das pesquisas em SAFs, abrangendo dimensões que vão desde aspectos técnicos até questões sociais e culturais. Observa-se que os temas socioeconômico e político-cultural concentram o maior número de

estudos (35,7%; 5 trabalhos), seguidos por competição e manejo agrônômico (28,6%; 4 estudos), qualidade funcional do ecossistema (21,4%; 3 estudos) e biodiversidade (14,3%; 2 estudos). Essa distribuição indica que a produção científica recente sobre SAFs tem buscado integrar a análise da viabilidade técnica e agrônômica com os desafios socioeconômicos e de governança associados à adoção e à sustentabilidade desses sistemas.

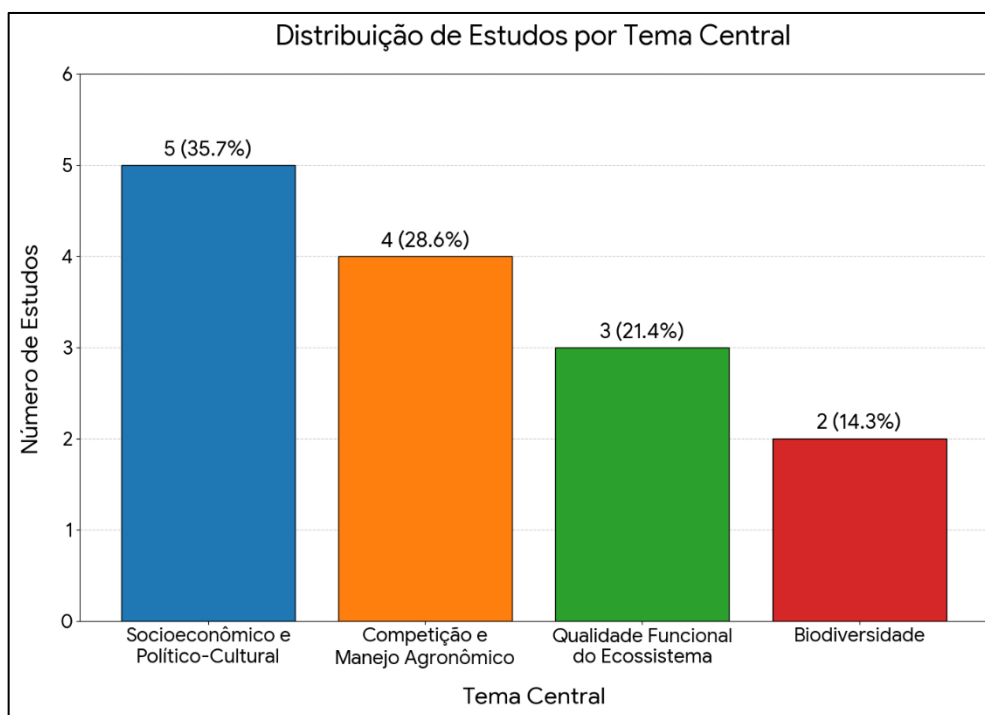


Figura 6 - Distribuição de estudos por tema central.

Fonte: Autores (2025).

A Figura 7 ilustra a distribuição de abordagens metodológicas utilizadas nos estudos. A análise evidencia uma predominância de pesquisas empíricas e de campo, que representam conjuntamente 64,3% do total. Além destas, destacam-se os estudos experimentais (35,7%; 5 estudos), caracterizados pela manipulação controlada de variáveis, como testes de competição entre espécies arbóreas e culturas agrícolas ou avaliações de práticas de manejo, como poda e adubação. Os estudos de monitoramento ecológico (28,6%; 4 estudos) englobam levantamentos e medições de atributos ambientais em campo, incluindo biodiversidade, qualidade do solo e aporte de serapilheira. As abordagens socioeconômicas e qualitativas somam 21,4% (3 estudos), abrangendo análises de discurso, relatos de experiências e levantamentos voltados às dimensões sociais, culturais e de adoção tecnológica dos SAFs. Por fim, identificaram-se estudos baseados em modelagem de cenários (7,1%; 1 estudo) e revisões documentais (7,1%; 1 estudo). Essa distribuição evidencia que a literatura sobre SAFs tem se apoiado

majoritariamente em evidências empíricas, sem negligenciar as dimensões sociais e conceituais que permeiam o tema.

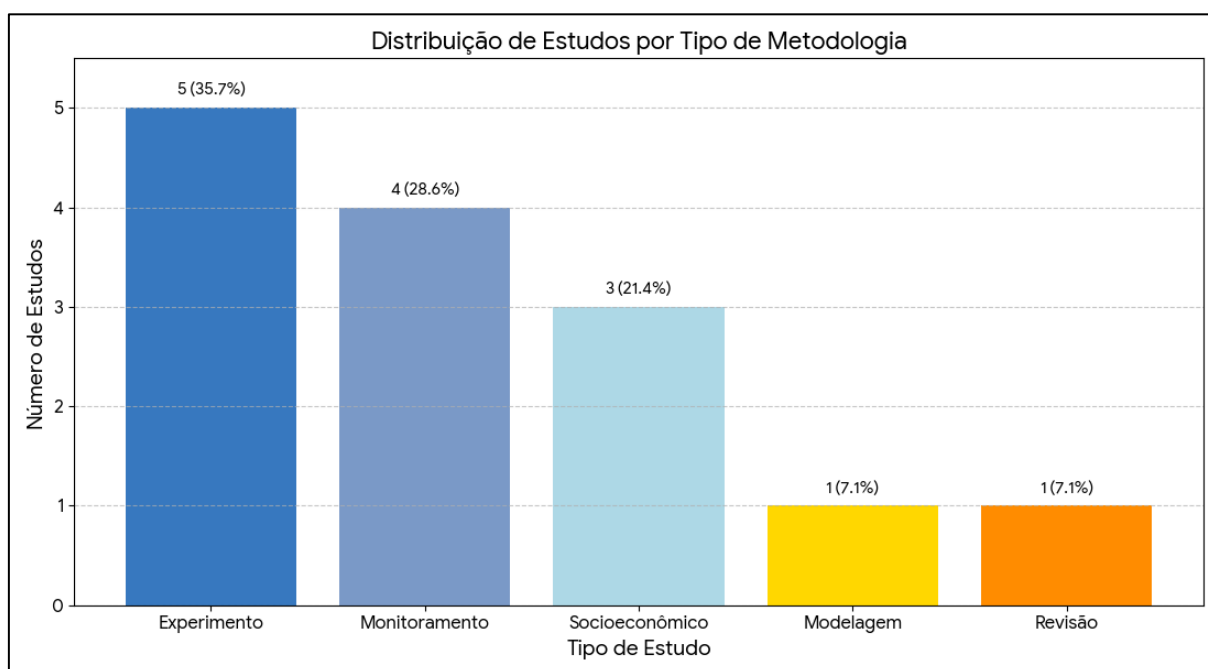


Figura 7 - Distribuição de estudos por tipo de metodologia.

Fonte: Autores (2025).

3.4 Discussão

Os 14 estudos analisados, publicados entre 2016 e 2024, demonstram que os SAFs e as práticas agroecológicas representam mais do que uma alternativa produtiva, configuram um modelo de desenvolvimento multifuncional que integra dimensões agronômicas, ambientais e socioeconômicas, como destacam Laudares et al. (2017) e Knierim et al. (2022). Embora a pesquisa esteja fortemente ancorada no contexto brasileiro, observa-se a incorporação de perspectivas internacionais, representadas pelos estudos realizados no Paquistão e na África Ocidental (Bondé et al., 2020; Usman et al., 2024).

As metodologias predominantes baseiam-se em experimentos e monitoramentos de campo, que totalizam 64,3% dos estudos (Rocha et al., 2022; Nicodemo et al., 2016; Deiss et al., 2017; Deiss et al., 2018; Santos et al., 2023; Carneiro et al., 2024). A evidência mais robusta da revisão reside na superioridade dos SAFs e dos cultivos agroecológicos na promoção da qualidade funcional do ecossistema e da biodiversidade, como apontam Rocha et al. (2022), De Souza et al. (2016), Amaral et al. (2019) e Pereira et al. (2023).

Entre os benefícios dos SAFs, destaca-se o estudo de Rocha et al. (2022), que demonstra que a qualidade do solo em áreas de cultivo agroecológico no Cerrado Mineiro superou a observada

em áreas de pastagem, especialmente em indicadores biológicos sensíveis, como respiração basal, atividade da enzima beta-glucosidase e abundância de bactérias e actinobactérias. Esses resultados comprovam que o manejo agroecológico promove maior atividade microbiana e, conseqüentemente, melhor qualidade funcional do solo (Rocha et al., 2022).

O aporte de serapilheira em SAFs localizados em Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi considerado um indicador eficiente de recuperação ambiental, apresentando valores semelhantes aos observados em florestas secundárias, conforme De Souza et al. (2016). A complexidade estrutural e a diversidade vegetal dos SAFs e das Reservas Legais (RLs) impactam diretamente a fauna local, evidenciada pela maior riqueza e diversidade de formigas (mirmecofauna) em SAFs quando comparadas a sistemas menos complexos, como fruticultura e pastagem, segundo Pereira et al. (2023) e Amaral et al. (2019).

No estudo de Santos et al. (2023), destaca-se que os SAFs também influenciam o balanço hídrico. Em um sistema agroflorestal com erva-mate, observou-se a maior perda média de interceptação da precipitação (21,4%) em comparação ao monocultivo (15,6%) e à Floresta Ombrófila Mista nativa (16,2%).

Os estudos de cunho agrônomo ressaltam o desafio contínuo da competição entre os componentes arbóreos e as culturas consorciadas, evidenciando a necessidade de manejo ativo (Nicodemo et al., 2016; Deiss et al., 2017; Deiss et al., 2018; Carneiro et al., 2024). Deiss et al. (2017, 2018) relatam que a presença de espécies arbóreas, como o eucalipto, pode influenciar negativamente tanto a infestação de plantas daninhas quanto a produtividade da soja nas linhas mais próximas, embora a competição com plantas daninhas tenha sido menor nos SAFs em relação aos monocultivos.

Práticas como a poda de árvores nativas são destacadas por Nicodemo et al. (2016) como estratégia para mitigar a competição entre espécies. No entanto, a poda nem sempre é suficiente para eliminar a disputa por luz, o que pode justificar o desbaste como alternativa para restaurar a produtividade agrícola a níveis aceitáveis (Nicodemo et al., 2016). Carneiro et al. (2024) relatam que a espécie *Gliricidia sepium* (leguminosa) apresentou baixa capacidade competitiva, tendo seu crescimento reduzido por diversas plantas daninhas agressivas, exceto *Commelina benghalensis* (trapoeraba). Essa baixa competitividade evidencia a vulnerabilidade da fase de implantação e a necessidade contínua de manejo das plantas espontâneas, mesmo em sistemas agroecológicos.

No âmbito socioeconômico e político-cultural, 35,7% dos estudos concentraram-se nas dimensões humanas e institucionais, reforçando o papel dos SAFs como estratégia de resistência, soberania e fortalecimento da agricultura familiar (Knierim et al., 2022; Maciel et

al., 2019; Laudares et al., 2017; Bondé et al., 2020; Usman et al., 2024). A perspectiva indígena Terena, por exemplo, associa a agrofloresta tradicional à soberania alimentar e à reprodução de sistemas de vida ancestrais, vinculando-a também à gestão territorial e à dimensão espiritual, conforme Maciel et al. (2019).

Sob a ótica institucional, os SAFs são reconhecidos como alternativa estratégica para a regularização ambiental de propriedades rurais em APPs e RLs, especialmente entre pequenos produtores que buscam adequar-se à legislação ambiental, conforme Laudares et al. (2017). Além disso, variações no estoque de carbono e na dinâmica de preços das espécies agroflorestais afetam diretamente a lucratividade e as decisões de adoção pelos agricultores, segundo Usman et al. (2024).

Para Knierim et al. (2022), estratégias de formação-ação fundamentadas na Pedagogia da Alternância mostraram-se essenciais para a resistência ao agronegócio e o fortalecimento da agroecologia, contribuindo para a construção de territórios saudáveis e sustentáveis. De forma complementar, abordagens de modelagem, como o uso de redes Bayesianas, têm auxiliado na tomada de decisão, ao indicar que o manejo sustentável deve estar alinhado ao bem-estar socioeconômico, como aponta Bondé et al. (2020).

Assim, esta revisão sistemática evidencia que os SAFs constituem sistemas complexos e multifuncionais, cujo sucesso de adoção e sustentabilidade depende não apenas da otimização das relações ecológicas envolvendo solo, água e biodiversidade ou agronômicas relacionadas à competição e ao manejo, mas também da integração de fatores sociopolíticos, culturais e legais que assegurem a soberania, o bem-estar e a viabilidade produtiva no longo prazo (Laudares et al., 2017; Knierim et al., 2022; Maciel et al., 2019; Bondé et al., 2020).

No entanto, a adoção desses sistemas ainda é restrita a pequenas propriedades, com poucos exemplos em larga escala, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento e difusão de tecnologias que fomentem sua expansão. Aspectos relacionados à precificação e à análise de viabilidade econômica constituem entraves relevantes, especialmente pela ausência de valoração adequada dos serviços ambientais e ecossistêmicos, o que dificulta a mensuração dos benefícios econômicos associados aos SAFs.

Dessa forma, alternativas como a formulação de políticas públicas baseadas em evidências, a valorização do conhecimento tradicional, o fortalecimento da cadeia da restauração, o incentivo à pesquisa aplicada em SAFs e a criação de incentivos fiscais para produtores que implementam esses sistemas podem contribuir para a ampliação e a consolidação dos SAFs, em diferentes escalas.

3.4 Conclusões

Este estudo evidenciou lacunas significativas na literatura analisada, as quais podem estar associadas à inviabilidade ou ao insucesso dos sistemas agroflorestais em determinados contextos. Observa-se a predominância de pesquisas em escala local ou regional, com foco em indicadores biofísicos avaliados de forma isolada, enquanto abordagens integradas que articulem serviços ecossistêmicos às dimensões socioeconômicas e institucionais ainda são limitadas. Além disso, são escassos os estudos de longo prazo e aqueles voltados à resiliência dos sistemas agroflorestais frente às mudanças climáticas, especialmente no que se refere a estratégias de adaptação, seleção de espécies e práticas de manejo. Poucos trabalhos também comparam diferentes arranjos agroflorestais ou avaliam a efetividade de políticas públicas, incentivos e instrumentos de apoio, bem como a aplicação de ferramentas de apoio à tomada de decisão e a incorporação sistemática da participação das comunidades locais.

Embora os benefícios ecológicos dos SAFs sejam amplamente reconhecidos, aspectos relacionados aos custos de implantação e manutenção, ao retorno financeiro, à logística de comercialização e aos indicadores econômicos de sustentabilidade permanecem pouco explorados. Essa lacuna compromete a ampliação da adoção dos sistemas por novos produtores, sobretudo no caso de produtos florestais não madeireiros, como frutos, sementes e resinas, além de limitar o aproveitamento de oportunidades associadas a créditos de carbono. A fragilidade ou ausência de políticas públicas específicas reforça a necessidade de avanços científicos e institucionais nesse campo.

Ainda assim, os resultados reafirmam a relevância dos sistemas agroflorestais para a conservação do solo e da água, a manutenção da fauna silvestre, o aumento da diversidade vegetal, a preservação de espécies florestais nativas, o fortalecimento da segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável da produção agropecuária. Nesse sentido, os SAFs configuram-se como uma estratégia promissora para a mitigação das mudanças climáticas e para o fortalecimento da resiliência dos sistemas produtivos, demandando, contudo, abordagens mais integradas e políticas de apoio consistentes para sua consolidação em diferentes territórios.

3.6 Referências

- AMARAL, Gisele Cristina Dias do; VARGAS, Ana Beatriz; ALMEIDA, Francisco Sérgio. Efeitos de atributos ambientais na biodiversidade de formigas sob diferentes usos do solo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1–14, 2019.
- ARCO-VERDE, Maria Fernanda; AMARO, Geraldo Cláudio. Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais. In: PARRON, Luciana Maria; et al. (org.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica*. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2015. Capítulo 30, p. 499–518.
- ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, Amsterdam, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- BONDÉ, Lucas; ASSIS, João Carlos; BENAVIDES-GORDILLO, Sandra; CANALES-GOMEZ, Elena; FAJARDO, José; MARRÓN-BECERRA, Adriana; NOGUERA-URBANO, Edgar Alonso; WEIDLICH, Eduardo W. A.; AMENT, Jason M. Modelagem de cenários para o manejo sustentável de produtos florestais não madeireiros em ecossistemas tropicais. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 20, e20190898, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0898>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- CARNEIRO JÚNIOR, D. C. F.; MELO, C. A. D.; ALVES, Í. A. S.; CARMO, A. L. do; SOUZA, J. C.; LAPICCIRELLA, J. do N.; GIMENES, M. B. Competitividade de *Gliricidia sepium* convivendo com diferentes plantas daninhas. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 34, n. 1, e72026, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509872026>.
- DE SOUZA, Márcia Cristina Soares; PIÑA-RODRIGUES, Fátima Conceição Márquez; CASAGRANDE, José Carlos; DA SILVA, Simone Ferreira; SCORIZA, Rafael Nogueira. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. *Floresta*, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 75–82, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34991>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- DEISS, Leonardo; MORAES, Anibal; PELISSARI, Allan; FRANZLUEBBERS, Alan; NETO, Francisco Salis; PONTES, Luciana Soares; BARRO, Renato Silva; SZYMCZAK, Laila Suelen. Competição de plantas daninhas com soja em sistemas agroflorestais de plantio direto e solteiro no Brasil subtropical. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 35, e017170777, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100070>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- DEISS, Leonardo; MORAES, Anibal; PELISSARI, Allan; PORFÍRIO-DA-SILVA, Vladimir; DOMINSCHKE, Roberto. Sticky Nightshade Infestation and Dispersion on an Integrated Soybean-Eucalyptus System at Subtropical Brazil. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 36, e018162692, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100017>.
- FRANKE, I. L.; LUNZ, A. M. P.; AMARAL, E. F. Metodologia para planejamento, implantação e monitoramento de sistemas agroflorestais: um processo participativo. Rio Branco, Acre: Embrapa Acre, 1998. 3 p. (Embrapa Acre. Pesquisa em Andamento, 132). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/495187>. Acesso em: 30 set. 2025.
- GALVÃO, Thereza; PEREIRA, Marcos Gonçalves. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183–184, 2014.
- KNIERIM, Gabriela Silva; CORRÊA, Verônica da Silva; BARROS, Nelson Ferreira de; FERREIRA, Maria Aparecida Teixeira; SEPÚLVEDA, Xênia de Souza Monteiro;

MILHOMEM, Ana Paula de Almeida Silva; FENNER, Alessandra Lemos Duarte. Cultivo biodinâmico de plantas medicinais em agroflorestas na promoção de territórios saudáveis e sustentáveis: uma proposta pedagógica de formação-ação. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 46, suplemento especial 2, p. 149–162, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E210>. Acesso em: 14 jul. 2025.

LAUDARES, Sandro Silva de Almeida; BORGES, Luiz Antônio Carvalho; ÁVILA, Paulo Augusto de; OLIVEIRA, Ana Luiza de; SILVA, Karla Gabriela da; LAUDARES, Daniel Carvalho de Almeida. Agroflorestal como alternativa sustentável para regularização ambiental de ocupações rurais consolidadas. *Cerne*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 161–174, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01047760201723022240>. Acesso em: 14 jul. 2025.

MACIEL, João de Carvalho; SURIAN, A.; BRAHMLLARI, E.; TARASCONI, Bruna Fernanda; ANTONIO, Luciana. Terena agriculture and life-system: a speech and beyond. *Interações*, Campo Grande, v. 20, n. 3, p. 861–877, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i3.2159>.

MARTINS, Eloisio de Oliveira; TRUGILHO, Guilherme; SILVA, Maria; SOUZA, Maurício. Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal. In: SOUZA, M. N. (org.). *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. v. 3. Canoas, Rio Grande do Sul: Mérida Publishers, 2022. p. 137–157. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/361087667>. Acesso em: 30 set. 2025.

NICODEMO, Maria Lúcia Fernandes; CASTIGLIONI, Pedro Paulo; PEZZOPANE, José Ricardo Macedo; THOLON, Patrícia; CARPANEZZI, Adriano Aparecido. Reduzir a competição na agroflorestal através da poda de árvores nativas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 509–518, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000300014>. Acesso em: 14 jul. 2025.

PEREIRA, J. R.; ALMEIDA, F. S. Influência da heterogeneidade ambiental sobre a mirmecofauna em diferentes usos do solo no município de Bom Despacho, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 33, n. 1, e64534, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509864534>.

ROCHA, Ana Flávia Batista; SIQUEROLI, Ana Carolina Souza; SILVA, André de Araújo; CARNEIRO, Ana Maria Duarte Lima; VASCONCELOS, Bárbara Neves Ferreira; GONDIM, David de Deus Ribeiro. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroecológicos no Cerrado Mineiro, Brasil. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 34, e62940, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-62940>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SANTOS, E. R. dos; VESTENA, L. R.; RIBEIRO FILHO, J. C. Modeling vegetation interception under natural rainfall in yerba mate production systems. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, São Paulo, v. 28, e20, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.282320220111>.

USMAN, Nasir; HUSSAIN, Muhammad; AKRAM, Sohail; MAJEED, Mubashar; SHAH, Syed; REHMAN, Faizan; et al. Dinâmica de produtividade, estoque de carbono e preço de espécies arbóreas agroflorestais no distrito de Mardan, Khyber Pakhtunkhwa, Paquistão. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 84, e262662, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262662>. Acesso em: 14 jul. 2025.

VEIGA, José Eli da. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 421–435, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/LWD3fxmdZS7SdGTjQvBTxgd>. Acesso em: 22 set. 2022.

WODA, Célia. Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso no nordeste paraense. In: PORRO, Roberto (ed.). *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2009. p. 175–198.

YOUNG, Katherine. Mimicking Nature: A Review of Successional Agroforestry Systems as an Analogue to Natural Regeneration of Secondary Forest Stands. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/322709895>. Acesso em: 30 set. 2025.

4. Capítulo 2: Dinâmica de espécies florestais nativas em sistemas agroflorestais na Hileia Baiana

Felipe da Rocha Araujo¹; João Batista Lopes da Silva¹; Viviane Maria Barazetti²; Luanna Chácara Pires¹; Gerson dos Santos Lisboa³; Rafael Henrique de Freitas Noronha¹;

¹Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), PPGCS, Teixeira de Freitas/BA, Brasil.

E-mail: lipirochaph@gmail.com; silvajbl@ufsb.edu.br; luanna@ufsb.edu.br; rafael.noronha@ufsb.edu.br

²Fundação José Silveira USSMA - PROGRAMA ARBORETUM, Teixeira de Freitas/BA, Brasil. E-mail: viviane.barazetti@fjs.org.br

³Universidade Federal de Goiás (UFG), PPGCS, Goiânia/GO, Brasil. E-mail: gersonlisboa@ufg.br

RESUMO¹²

O aumento da demanda por alimentos exige estratégias produtivas de baixo impacto ambiental, e os sistemas agroflorestais (SAFs) se apresentam como alternativa sustentável aos modelos agrícolas convencionais. Este estudo avaliou a dinâmica de estabelecimento e desenvolvimento de espécies florestais nativas implantadas em SAFs localizados nas comunidades Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro, no extremo sul da Bahia, região inserida na Hileia Baiana. Em cada comunidade, foi implantada uma parcela por subárea, totalizando 32 parcelas (9 em Rancho Queimado, 13 na aldeia indígena Meio da Mata e 10 na aldeia indígena Craveiro). Os sistemas, implantados entre 2021 e 2023 pelo Programa *Arboretum*², foram organizados com diferentes arranjos espaciais, integrando espécies nativas, frutíferas, cacau e banana. O delineamento experimental compreendeu parcelas de 10 x 10 m, com dois momentos de avaliação (implantação e 1 ano após o plantio). Para cada indivíduo foram registradas identificação da espécie, quantidade e condição de desenvolvimento (desenvolvida, estagnada, estressada, rebrotando ou morta). As análises incluíram frequências absolutas e relativas, testes de associação (qui-quadrado ou Exato de Fisher) e comparações não paramétricas (Kruskal-Wallis), considerando nível de significância de 5%. Os resultados revelaram variabilidade significativa no desempenho biológico dos SAFs entre as comunidades analisadas. A aldeia indígena Meio da Mata apresentou os melhores indicadores, com altas taxas de desenvolvimento e pegamento e baixa mortalidade, já a aldeia indígena Craveiro registrou desempenho inferior, marcado por maior mortalidade e heterogeneidade nos resultados, a comunidade Rancho Queimado mostrou padrão intermediário, com bom pegamento, mas maior dispersão nos indicadores de desenvolvimento e mortalidade. As diferenças significativas entre as comunidades reforçam a influência das condições edafoclimáticas e das estratégias de manejo na performance dos SAFs.

Palavras-chaves: Diversidade Vegetal, Restauração, Mata Atlântica.

-
- O *Arboretum* é um Programa interinstitucional que reúne atores relacionados à pesquisa, à normatização e à extensão, em um ciclo que vai desde a coleta de sementes, produção de mudas e plantios para restauração e para uso sustentável de espécies florestais, numa estrutura de suporte técnico e logístico permanentemente vinculada às ações de campo.
 - Este capítulo está organizado conforme o estilo do periódico **treedimensional**, ao qual foi submetido para avaliação e possível publicação.

ABSTRACT³⁴

The increasing demand for food requires low-impact production strategies, and agroforestry systems (AFS) present themselves as a sustainable alternative to conventional agricultural models. This study evaluated the dynamics of establishment and development of native forest species implemented in AFS located in the communities of Rancho Queimado, Meio da Mata Indigenous Village, and Craveiro Indigenous Village, in the extreme south of Bahia, a region within the Bahian Hylea. In each community, one plot per sub-area was implemented, totaling 32 plots (9 in Rancho Queimado, 13 in Meio da Mata Indigenous Village, and 10 in Craveiro Indigenous Village). The systems, implemented between 2021 and 2023 by the Arboretum Program², were organized with different spatial arrangements, integrating native species, fruit trees, cocoa, and bananas. The experimental design comprised 10 x 10 m plots, with two evaluation points (implementation and 1 year after planting). For each individual, species identification, quantity, and developmental status (developed, stagnant, stressed, sprouting, or dead) were recorded. Analyses included absolute and relative frequencies, association tests (chi-square or Fisher's exact test), and non-parametric comparisons (Kruskal-Wallis), considering a significance level of 5%. The results revealed significant variability in the biological performance of the agroforestry systems (AFS) among the analyzed communities. The Meio da Mata indigenous village presented the best indicators, with high development and establishment rates and low mortality, while the Craveiro indigenous village registered inferior performance, marked by higher mortality and heterogeneity in the results. The Rancho Queimado community showed an intermediate pattern, with good establishment but greater dispersion in development and mortality indicators. The significant differences between the communities reinforce the influence of edaphoclimatic conditions and management strategies on the performance of the AFS.

Keywords: Plant Diversity, Restoration, Atlantic Forest.

-
- The Arboretum is an interinstitutional program that brings together actors related to research, standardization, and outreach, in a cycle that ranges from seed collection, seedling production, and planting for restoration and sustainable use of forest species, within a technical and logistical support structure permanently linked to field actions.
 - This chapter is organized according to the style of the threedimensional journal, to which it was submitted for evaluation and possible publication.

4.1 Introdução

A produção de alimentos com baixos impactos ambientais permanece como um dos maiores desafios globais. Os sistemas convencionais de produção agrícola, predominantemente dependentes de insumos externos e responsáveis por significativa degradação ambiental, mostraram-se insustentáveis frente à necessidade de preservar os recursos naturais e assegurar a segurança alimentar da atual e de gerações futuras. Dessa maneira, os SAFs despontam como uma alternativa viável e promissora.

Embora frequentemente considerados uma inovação os SAFs remontam práticas ancestrais desenvolvidas há mais de 10.000 anos, quando populações tradicionais começaram a realizar cultivos biodiversos a partir de manejo de clareiras, manutenção de árvores e arbustos em sistemas integrados ou em sucessão (FELIPE et al., 2023). Os SAFs resgatam conhecimentos milenares que, além de fundamentais para a adaptação e a sustentabilidade no passado, oferecem soluções concretas para os desafios socioambientais do presente e do futuro.

Os SAFs é o uso de recursos naturais onde espécies lenhosas associadas com cultivo agrícola ou com animais no mesmo terreno, essa combinação pode representar um estímulo econômico à restauração florestal. Os SAFs devem ser encarados como uma forma de reduzir os custos de implantação, assim as culturas agrícolas podem se ter um retorno econômico direto reduzindo o custo de manutenção de plantio e plantas nativas (ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICAIS; CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANSA, 1986).

Peneireiro et al. (2005) e Miccolis et al. (2016) ressaltam que os SAFs fundamentados pela sucessão natural, possibilitam a concepção ou desenhos de múltiplos arranjos de plantas adaptados a situações particulares de qualquer região, devendo ser inspirados no ecossistema original do local.

Os SAFs vêm sendo adotados de maneira muito relevante e ampliando o número de envolvidos no Brasil, ganhando destaque e se apresentando como uma forma de alternativa ao modelo de produção, nesse sistema de produção é plantado em um mesmo espaço uma diversidade de plantas (Mira, 2021). Assim como acontece no em escala nacional a implementação de SAFs é uma prática em que vem ganhando espaço na região da Hileia Baiana e por se tratar de uma área inserida no bioma Mata Atlântica — que atualmente conserva apenas 12,4% de sua cobertura vegetal original como referido pela Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (2024) — torna-se ainda mais relevante a realização de estudos em SAFs, dada a sua importância para a restauração da biodiversidade, bem como para a geração de renda e de conhecimento tradicional.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a dinâmica de estabelecimento e desenvolvimento de espécies florestais nativas em SAFs implantados na região da Hileia Baiana, com base em indicadores de desenvolvimento, mortalidade e pegamento, considerando fatores ecológicos e socioambientais que influenciam sua viabilidade em diferentes contextos locais.

4.2 Metodologia

Áreas de Estudo

Os SAFs avaliados estão localizados na comunidade Rancho Queimado e aldeias indígenas Meio da Mata e Craveiro (Figura 1). Essas comunidades situam-se nos municípios de Alcobaça, Porto Seguro e Prado, todos no estado da Bahia, mais especificamente na região do extremo Sul, que integra a Hileia Baiana que é representada por possuir uma biota única e altamente diversa com altos níveis de endemia e influência de conexões anteriores com o bioma Amazônico (Faria et al., 2021).

As implantações ocorreram nos seguintes períodos: aldeia indígena Meio da Mata, fevereiro de 2021; comunidade Rancho Queimado, setembro de 2022; e aldeia indígena Craveiro, fevereiro de 2023. O arranjo espacial das espécies nativas variou conforme a localidade: 6 x 0,5 m na aldeia indígena Meio da Mata, 6 x 1 m na comunidade Rancho Queimado e 6 x 1,5 m na aldeia indígena Craveiro. As espécies frutíferas foram intercaladas entre as nativas, adotando-se um espaçamento uniforme de 6 x 3 m. A área total dos SAFs avaliados variou entre 0,5 e 1,0 hectare por localidade. A implantação dos SAF's foi conduzida pelo Programa *Arboretum*, visando fomentar o desenvolvimento de práticas sustentáveis e a diversificação produtiva nos territórios atendidos.

A implantação foi realizada em etapas, incluindo preparo de solo mecanizado, plantio das espécies florestais nativas (conforme a lista de espécies por comunidade no ANEXO 1), plantio de culturas agrícolas anuais, plantio de bananeiras e plantio das mudas de cacau. No plantio, utilizou-se uma adubação de super fosfato simples (100 g planta⁻¹) e hidrogel (1,5 L de polímero agrícola hidratado). Adubações de cobertura foram realizadas com fertilizante NPK 20-05-20 que é uma formulação que contém 20% de nitrogênio (N), 5% de fósforo (P) e 20%

de potássio (K), foram utilizados 50 gramas por planta em três oportunidades, com intervalo de 3 meses entre aplicações, após o plantio. Durante todo o processo de implantação dos SAFs, foram oferecidas orientações sobre manejos, podas e outras intervenções nas áreas, visando contribuir e acelerar o desenvolvimento das espécies e do sistema.

O clima da região é classificado como tropical úmido, com uma temperatura média anual entre 22 e 25 °C e um gradiente de precipitação variando de 1046,89 a 1380,48 mm segundo Souza et al., (2025).

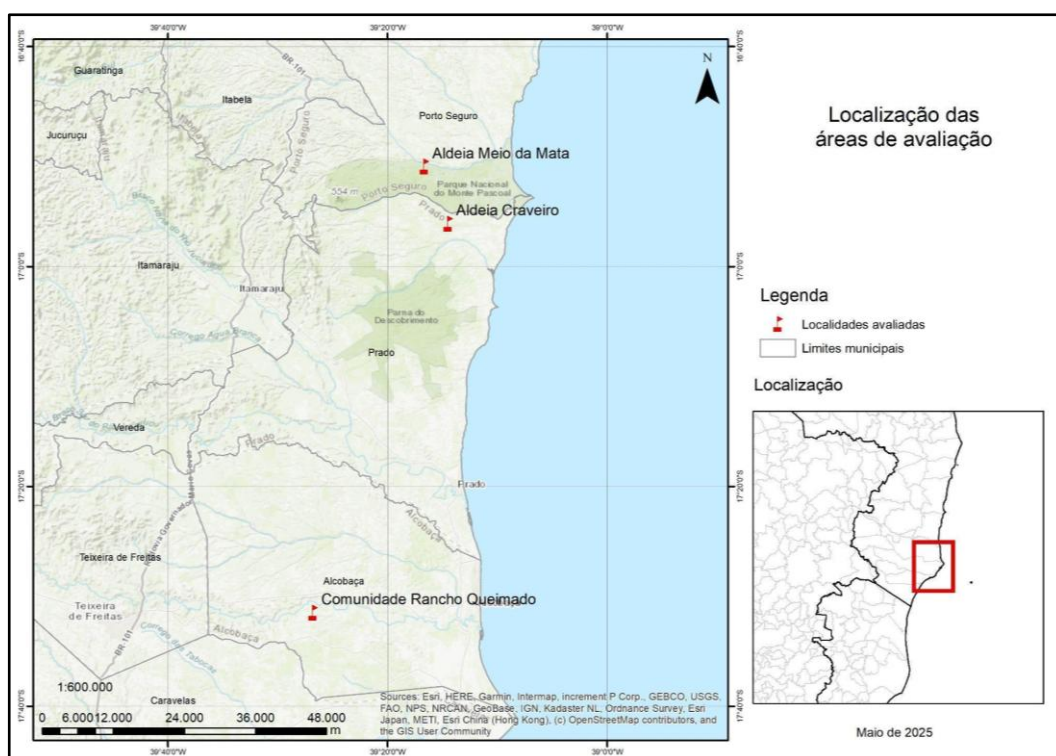


Figura 1 - Localização dos SAFs avaliados.

Fonte: Autores (2025).

Implantação dos Sistemas Agroflorestais

O espaçamento entre as espécies nos SAFs seguiu as seguintes configurações:

- Aldeia indígena Meio da Mata: árvores nativas no arranjo 6 m × 0,5 m, totalizando 3.333 árvores ha⁻¹; cacau no arranjo 6 m × 3 m, com 554 árvores ha⁻¹; e banana no mesmo arranjo (6 m × 3 m), com 554 plantas ha⁻¹ (Figura 2).
- Comunidade Rancho Queimado: árvores nativas no arranjo 6 m × 1 m, totalizando 1.666 árvores ha⁻¹; cacau (6 m × 3 m): 554 árvores ha⁻¹; e banana (6 m × 3 m): 554

plantas ha^{-1} (Figura 3).

- Aldeia indígena Craveiro: árvores nativas dispostas em $6\text{ m} \times 1,5\text{ m}$, totalizando 1.111 árvores ha^{-1} ; cacau ($6\text{ m} \times 3\text{ m}$): 554 árvores ha^{-1} ; e banana ($6\text{ m} \times 3\text{ m}$): 554 plantas ha^{-1} (Figura 4).

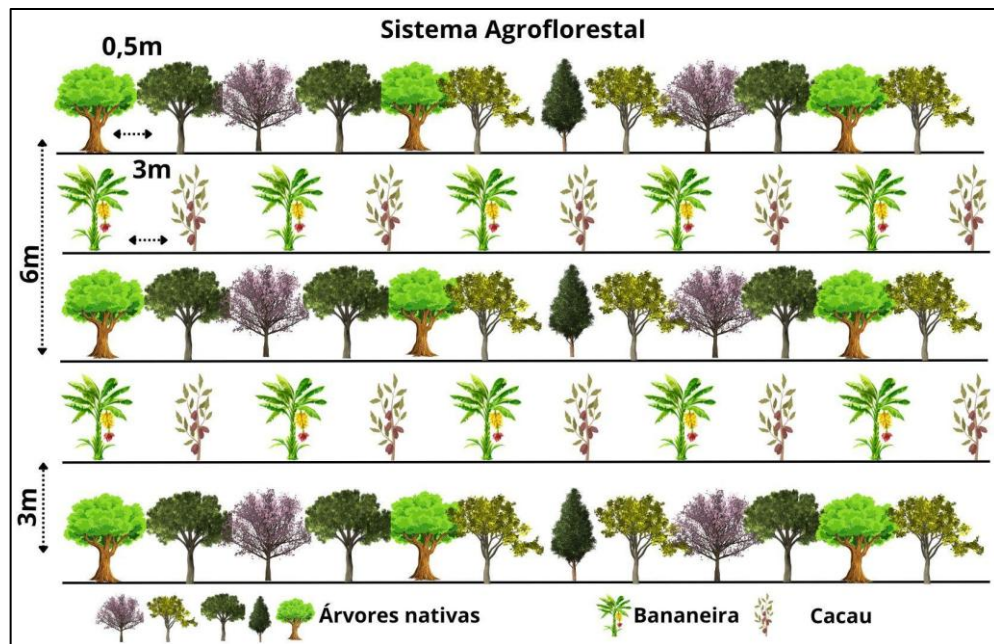


Figura 2 - Croqui SAF 3 x 0,5 na aldeia indígena Meio da Mata.
Fonte: Autores (2025).

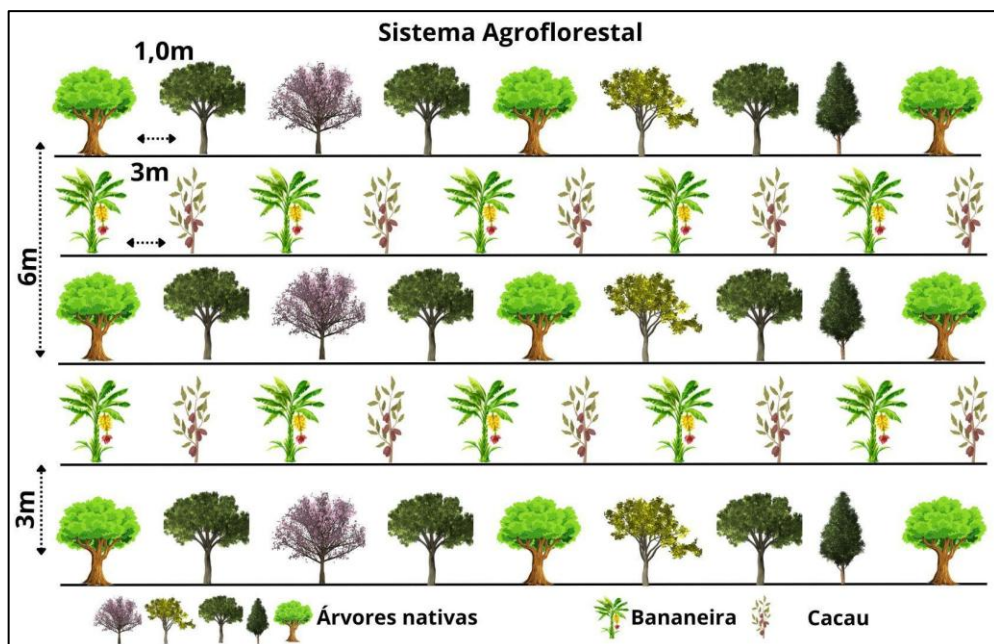


Figura 3 - Croqui SAF 3 x 1 na comunidade Rancho Queimado.
Fonte: Autores (2025).

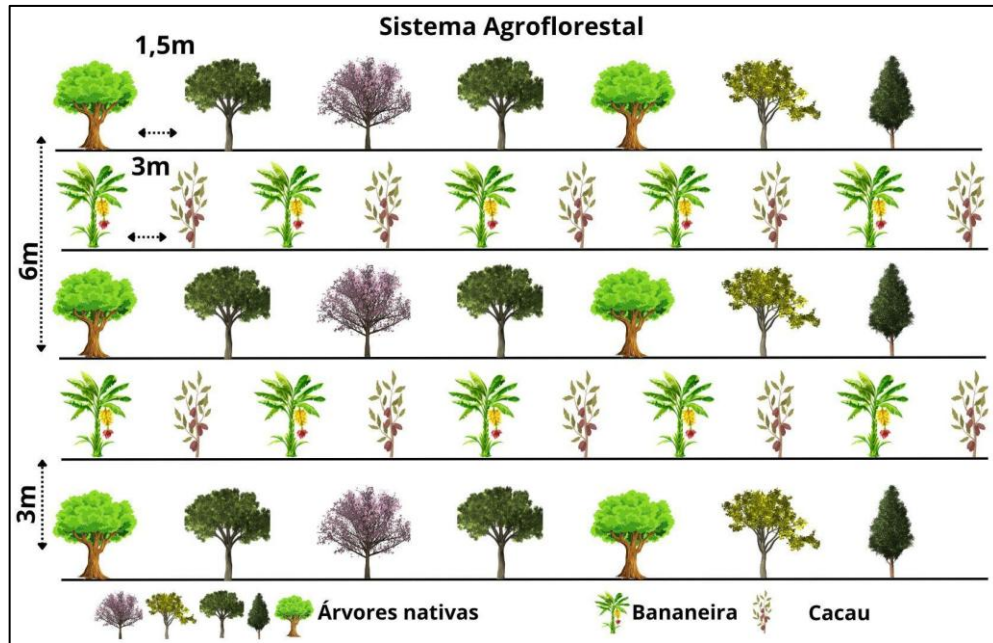


Figura 4 - Croqui SAF 3 x 1,5 na aldeia indígena Craveiro.
Fonte: Autores (2025).

Delineamento Experimental e Coleta de Dados

Em cada comunidade, foi implantada uma parcela por subárea, **totalizando 32 parcelas** (10×10 metros, ou **100 m²** cada). A distribuição das parcelas seguiu o seguinte esquema: 9 na **comunidade Rancho Queimado**, 13 na **aldeia indígena Meio da Mata** e 10 na **aldeia indígena Craveiro**. Todas foram estabelecidas de **forma aleatória**. As avaliações das espécies florestais nativas seguiram protocolo pré-estabelecido (modelo de coleta Anexo -2), sendo realizadas as análises em dois momentos distintos (Figura 5):

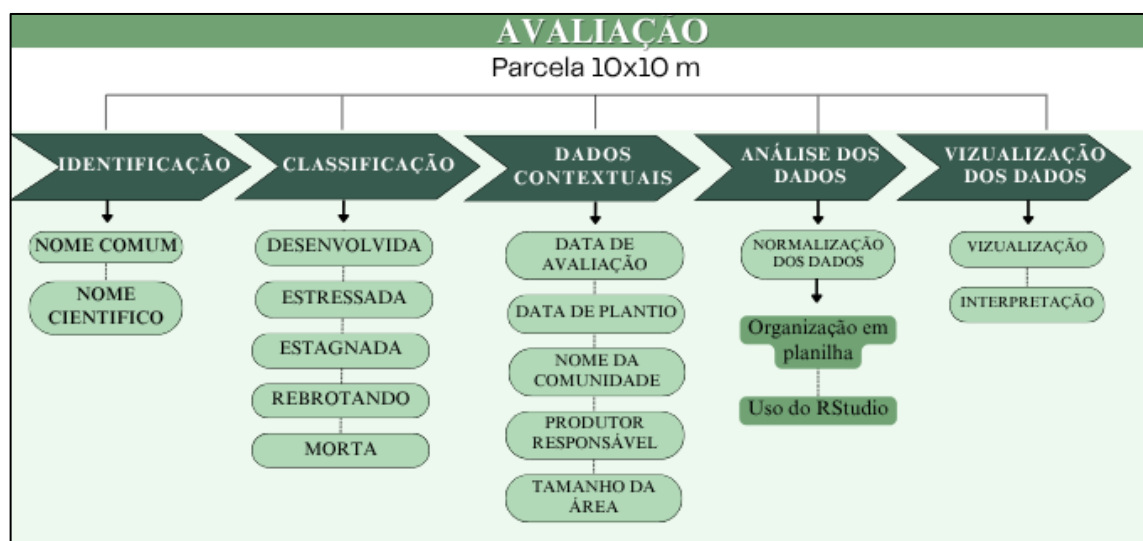


Figura 5 - fluxograma da metodologia.

Fonte: Autores (2025).

Avaliação inicial - T1 (Implantação): levantamento de espécies introduzidas, estrutura do sistema, características do solo.

Avaliação 2 - T2 (1 ano depois): reavaliação das mesmas variáveis (presença/ausência de espécies, crescimento, mortalidade, regeneração natural).

Em cada avaliação, foram registrados para cada indivíduo presente na parcela: o nome científico e nome comum da espécie; o número total de indivíduos de cada espécie; e a condição de desenvolvimento, classificada nas seguintes categorias: desenvolvida, estagnada, estressada, rebrotando ou morta. A categoria “desenvolvida” correspondeu a indivíduos com crescimento vigoroso, sem sinais de estresse, apresentando adequado desenvolvimento em altura, diâmetro à altura do coleto (DAC) e emissão foliar, além de ausência de pragas, doenças ou sintomas de estresse hídrico. A condição “estagnada” referiu-se a plantas com crescimento cessado ou muito lento em relação ao esperado, geralmente associada a sinais de estresse, como folhas amareladas ou caídas, ou ainda a condições desfavoráveis, como solo compactado ou deficiência de luz; nesses casos, também foram observados o crescimento entre os entrenós e a emissão de novas folhas. A categoria “estressada” foi atribuída a indivíduos com sinais evidentes de estresse provocados por fatores bióticos ou abióticos, tais como seca, excesso de água, pragas, doenças ou deficiência nutricional, sendo observadas manifestações como murchas, folhas secas ou amareladas, necroses, presença de fungos ou ataques de insetos, bem como identificadas as possíveis causas ambientais associadas. A condição “rebrotando” foi aplicada a plantas que, após sofrerem dano e perda da parte aérea, apresentaram emissão de novos brotos, com registro da presença dessas brotações emergentes da base ou do caule e avaliação do vigor e da saúde desses novos tecidos. Por fim, indivíduos classificados como “mortos” apresentaram ausência completa de sinais vitais ou de rebrota, constatada pela inexistência de folhas, aspecto seco ou quebradiço do caule e ausência de novas brotações.

Adicionalmente, foram registrados dados contextuais relevantes para cada área avaliada, incluindo a data do plantio (registro da data de implantação das mudas), a data da avaliação (momento da coleta dos dados), o nome da comunidade onde a parcela se localiza, a identificação do produtor responsável pela gestão da área e o tamanho total, em hectares, do sistema agroflorestal avaliado.

Análise dos Dados

Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas para posterior análise descritiva e comparativa. As informações referentes à quantidade de indivíduos, identificação das espécies

e respectivas condições de desenvolvimento foram sistematizadas para cada parcela e avaliação. Inicialmente, foram calculadas as frequências absolutas e relativas das categorias de condição de desenvolvimento (desenvolvida, estagnada, estressada, rebrotando e morta) para cada espécie e para cada momento de avaliação, permitindo a caracterização do desempenho das espécies ao longo do tempo.

Para avaliar a dinâmica de sobrevivência e desenvolvimento das espécies nativas, foram aplicadas análises comparativas entre os diferentes momentos de avaliação, visando identificar tendências ou alterações nas condições de desenvolvimento.

Foram empregadas análises estatísticas inferenciais, como o teste de qui-quadrado (χ^2) ou teste Exato de Fisher para verificar a associação entre as categorias de desenvolvimento e os períodos de avaliação, bem como testes não paramétricos, como o de Kruskal-Wallis, para comparar o desempenho das espécies entre as áreas amostradas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software RStudio (R Core Team, 2024) e os resultados foram interpretados considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Considerando a possibilidade de que as variáveis analisadas não apresentem distribuição normal, conforme verificado pelos testes de pressupostos estatísticos de Shapiro-Wilk e Bartlett, optou-se pela utilização das medidas de tendência e dispersão baseadas na mediana, primeiro e terceiro quartis (Q1 e Q3), bem como pela aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para a comparação dos indicadores entre as comunidades.

4.3 Resultados e Discussão

As variáveis apresentaram ampla variabilidade, refletindo diferenças significativas no desempenho biológico entre as unidades experimentais (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis desenvolvimento, mortalidade e pegamento das três comunidades avaliadas (n = 42).

Variável	Mínimo	Máximo	Mediana	Q1	Q3	IQR	Média	DP	EP
Desenvolvimento	0,0	97,7	66,7	52,2	88,9	36,7	66,5	25,0	3,86
Mortalidade	0,0	64,7	14,0	6,15	22,6	16,4	19,0	18,4	2,84
Pegamento	35,3	100,0	86,0	77,4	93,8	16,4	81,1	18,4	2,84

Fonte: Autores (2025).

A variável percentual de desenvolvimento apresentou dispersão acentuada, com mediana de 66,7% [52,2% – 88,9%] e amplitude variando de 0 a 97,7%, evidenciando comportamento heterogêneo entre as amostras. A mortalidade, apesar de apresentar média relativamente baixa

(19,0% $\pm$ 18,4), demonstrou alta variabilidade. A mediana de 14% [6,15% – 22,6%], inferior à média, sugere distribuição assimétrica à direita, com algumas unidades apresentando perdas elevadas. Em contrapartida, a taxa de pagamento mostrou os melhores resultados médios (81,1% $\pm$ 18,4%) e menor dispersão, indicando maior consistência entre os tratamentos avaliados. A mediana elevada (86%) reforça o padrão de desempenho robusto, com predominância de valores altos. Os resultados indicaram diferenças estatisticamente significativas entre as comunidades para os três indicadores avaliados: percentual de desenvolvimento (p -value = 0,0272), percentual de mortalidade (p = 0,0145) e percentual de pagamento (p = 0,0142). Esses achados evidenciam variabilidade relevante no desempenho biológico dos SAFs entre as comunidades estudadas.

O boxplot integrado (Figura 6) evidenciou padrões relevantes na distribuição dos três indicadores-chave de desempenho — Desenvolvimento, Mortalidade e Pagamento — nas três comunidades analisadas. Na aldeia indígena Meio da Mata, os indicadores de Desenvolvimento (mediana de 88,20% [60,19–92,97]) e Pagamento (mediana de 93,22% [85,71–94,84]) apresentaram valores elevados e baixa dispersão, indicando maior homogeneidade e consistência no desempenho dos sistemas implantados. Por sua vez, o indicador de Mortalidade foi expressivamente baixo (mediana de 6,78% [5,16–14,29]), com valores concentrados em torno de 10%, o que sugere elevada taxa de sobrevivência das espécies e maior eficiência das práticas de manejo adotadas nesta localidade. Por outro lado, a aldeia indígena Craveiro apresentou maior variabilidade entre os indicadores avaliados, refletindo heterogeneidade no desempenho dos sistemas implantados. O indicador de Mortalidade exibiu mediana de 19,38% [14,66–42,86], com ampla dispersão e presença de valores extremos (outliers), sugerindo desafios no estabelecimento e na manutenção dos SAFs. O Pagamento, por sua vez, apresentou mediana elevada (80,63% [57,14–85,33]), indicando bom desempenho inicial na maioria dos sistemas. No entanto, tanto o Desenvolvimento (59,81% [40,53–70,24]) quanto a Mortalidade revelaram alta variabilidade, evidenciando inconsistências nos resultados entre os diferentes SAFs da localidade. Esses achados podem estar associados a variações nos manejos adotados, na seleção de espécies ou nas condições edafoclimáticas específicas, as quais influenciam diretamente a eficiência e a produtividade dos SAFs implantados.

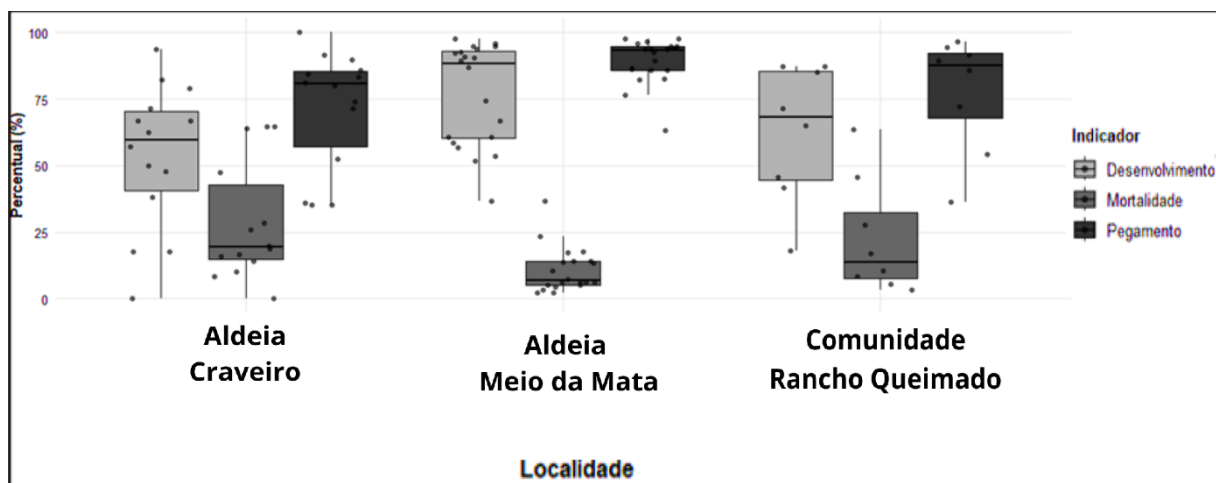


Figura 6 - Distribuição dos indicadores de desempenho (Desenvolvimento, Mortalidade e Pegamento) dos SAFs nas três comunidades avaliadas.

Fonte: Autores (2025).

A comunidade Rancho Queimado apresentou desempenho intermediário entre as comunidades avaliadas. O indicador de Pegamento mostrou-se elevado, com mediana de 87,63% [67,77–92,21], indicando bom estabelecimento inicial das espécies na maioria dos sistemas. No entanto, os indicadores de Desenvolvimento (68,26% [44,59–85,56]) e Mortalidade (13,85% [7,79–32,23]) apresentaram maior dispersão, sugerindo variações expressivas no desempenho entre os diferentes SAFs implantados. Essa heterogeneidade pode refletir inconsistências nas práticas de manejo, diferenças nas condições ambientais locais ou escolhas técnicas específicas de cada unidade produtiva. Tais variações reforçam a necessidade de ajustes contextuais e acompanhamento técnico direcionado para garantir maior uniformidade e eficiência produtiva dos sistemas. Tais achados reforçam a importância de se considerar as especificidades socioambientais e técnicas de cada território na avaliação do desempenho agroflorestal. A análise integrada dos três indicadores — Desenvolvimento, Mortalidade e Pegamento — demonstra-se eficaz para captar nuances locais e orientar estratégias adaptativas.

Para uma melhor compreensão da dinâmica de crescimento do Sistema Agroflorestal (SAF) e dos impactos diretos das ações desenvolvidas pelo Programa *Arboretum* no território, torna-se fundamental analisar a resposta da vegetação ao longo do tempo. Nesse contexto, a Figura 7 ilustra o processo de transformação da cobertura vegetal observado na Comunidade Rancho Queimado.



Figura 7 - Comparativo temporal da implantação de um Sistema Agroflorestal (SAF) na Comunidade Rancho Queimado. A imagem ilustra a área antes (18 de outubro de 2022) e depois (25 de abril de 2024) da intervenção. Fonte: Programa Arboretum (2022 e 2024).

Como os resultados do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram diferenças estatisticamente significativas entre as comunidades para os três indicadores avaliados: percentual de desenvolvimento ($p = 0,0272$), percentual de mortalidade ($p = 0,0145$) e percentual de pegamento ($p = 0,0142$), o que justifica a aplicação do teste pós-hoc de *Dunn* para identificação das comparações responsáveis por essas diferenças. O teste de *Dunn*, com ajuste de *p-valor* pelo método de *Holm*, revelou que as diferenças significativas se concentram nas comparações entre a aldeia indígena Craveiro e a aldeia indígena Meio da Mata. Para o percentual de desenvolvimento, a aldeia indígena Craveiro apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à aldeia indígena Meio da Mata ($p = 0,0283$), indicando desempenho inferior à primeira em relação à segunda. As demais comparações não apresentaram significância estatística.

No que se refere ao percentual de mortalidade, a aldeia indígena Craveiro também se diferenciou da aldeia indígena Meio da Mata ($p = 0,0119$), com valores superiores de

mortalidade, o que reforça a evidência de menor desempenho biológico nessa localidade. As demais comparações não foram estatisticamente significativas, indicando que as diferenças mais expressivas se concentram entre essas duas comunidades. Por fim, para o percentual de pegamento, novamente observou-se diferença significativa entre a aldeia indígena Craveiro e a aldeia indígena Meio da Mata ($p = 0,0110$), com desempenho superior nesta última. As comparações entre a aldeia indígena Craveiro e a comunidade Rancho Queimado, bem como entre a aldeia indígena Meio da Mata e comunidade Rancho Queimado, não apresentaram diferenças significativas. Esses resultados sugerem que a aldeia indígena Meio da Mata apresenta desempenho consistentemente superior nos três indicadores avaliados em comparação com a aldeia indígena Craveiro, o que pode estar relacionado a fatores como maior tempo de implantação do SAF (implantado em 2021, frente a 2023 na aldeia indígena Craveiro), condições edafoclimáticas mais favoráveis ou práticas de manejo mais eficazes. A ausência de diferenças significativas envolvendo a comunidade Rancho Queimado pode ser atribuída à menor representatividade amostral ou a uma performance intermediária entre as outras duas comunidades.

A localidade da aldeia indígena Meio da Mata apresentou os melhores resultados, possivelmente em função de uma combinação de fatores ambientais e operacionais. Destaca-se, primeiramente, a escolha de uma época de plantio mais assertiva, o que favoreceu o estabelecimento inicial das mudas. Além disso, trata-se de uma região naturalmente mais propícia à restauração ecológica, em razão da presença de fragmentos de vegetação nativa bem estabelecidos em seu entorno, os quais contribuem para a melhoria das condições microclimáticas, maior disponibilidade de propágulos e incremento da biodiversidade local.

Soma-se a esses fatores a condição do solo, caracterizada por menor teor de areia em comparação às demais comunidades avaliadas, o que pode ter influenciado positivamente a retenção de umidade e a disponibilidade de nutrientes.

Dessa forma, tais fatores contribuíram para maiores taxas de sobrevivência e desenvolvimento das espécies implantadas, resultando em desempenho superior nessa localidade.

A análise da matriz de correlação de Spearman revelou relações fortes e estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os indicadores biológicos avaliados nos SAFs. Observa-se uma correlação negativa muito alta entre o percentual de desenvolvimento e o percentual de mortalidade ($r = -0,918$), indicando que maiores valores de desenvolvimento estão associados a menores taxas de mortalidade, conforme esperado biologicamente. Além disso, a correlação entre o percentual de mortalidade e o percentual de pegamento foi negativa e quase perfeita (r

= -0,998), evidenciando que o aumento da mortalidade está intimamente relacionado à redução do pegamento, o que reflete o impacto adverso da mortalidade sobre a capacidade de fixação ou sobrevivência da população estudada. Por outro lado, o percentual de desenvolvimento e o percentual de pegamento apresentaram correlação positiva elevada ($r = 0,917$), o que sugere que condições que favorecem o desenvolvimento também promovem maior pegamento, reforçando a interdependência dos processos biológicos que influenciam o desempenho dos SAFs.

Conforme apresentado na Figura 8, a área de Sistema Agroflorestal (SAF) implantada na Aldeia Meio da Mata apresenta os melhores índices de desenvolvimento e pegamento das mudas, além de registrar a menor taxa de mortalidade entre as áreas avaliadas.



Figura 8 - Área de SAF implantado na aldeia Meio da Mata, destacando-se por apresentar os melhores índices de desenvolvimento, pegamento e a menor taxa de mortalidade.

Fonte: Programa Arboretum (2022).

4.4 Conclusões

Os resultados evidenciaram variações significativas no desempenho biológico dos SAFs entre as comunidades, com destaque para a aldeia indígena Meio da Mata, que apresentou os melhores indicadores de desenvolvimento, pegamento e menor mortalidade. As diferenças estatísticas, especialmente em relação à Aldeia indígena Craveiro, sugerem que maior tempo de implantação, práticas de manejo mais eficazes e condições edafoclimáticas favoráveis

contribuíram para esse desempenho superior. As fortes correlações entre os indicadores reforçam sua complementaridade na avaliação dos SAFs. Tais achados destacam a importância de estratégias adaptadas à realidade local, com ênfase na qualificação técnica e no acompanhamento contínuo, visando maior eficiência e sustentabilidade dos sistemas implantados.

4.5 Referências

FARIA, D.; DELABIE, J. H. C.; DIAS, M. H. The Hileia Baiana – an assessment of natural and historical aspects of the land use and degradation of the central corridor of the Brazilian Atlantic Forest. In: MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. (eds.). *The Atlantic Forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the megadiverse forest*. Switzerland: Springer, 2021. p. 61–87.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. *The state of food security and nutrition in the world 2017: building resilience for peace and food security*. 2017. Disponível em: <www.fao.org/3/a-I7695e.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

TELES ARANTES FELIPE, Rafaella et al. SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS: TRAJETÓRIAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NOS TERRITÓRIOS DO BRASIL. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 09–43, 2023. DOI: 10.33240/rba.v18i1.23702. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49917>. Acesso em: 25 set. 2025.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2022-2023*. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34T/4C2JEEE>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MICCOLIS, Andrea; PENEIREIRO, Fabiana Mongeli; MARQUES, Henrique Rodrigues; VIEIRA, Daniel Luis Mascia; ARCO-VERDE, Marcelo Francia; HOFFMANN, Mauricio Riggon; REHDER, Tatiana; PEREIRA, Abilio Vinicius Barbosa. *Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN; Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016. 22-100 p. PENEIREIRO, F. M. et al. *Introdução aos sistemas agroflorestais: um guia técnico*. Rio Branco, AC: EDUFAC, 2005. 76 p.

SOUZA, F. R. de; SILVA, J. B. L.; BRITO JÚNIOR, B. S. de; NUNES, E. de J. A Hiléia Baiana no bioma Mata Atlântica: a transição das matas para as monoculturas alterou o volume de chuvas? *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 25, n. 101, p. 80–94, 2024. DOI: 10.14393/RCG2510171644. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/71644>. Acesso em: 22 maio 2025.

ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICAIS; CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANSA. *Sistemas Agroflorestais: principios y aplicaciones en los tropicos*. San José: Trejos Hnos. Sucs, 1986. 818 p.

MIRA, Pamela Mattar. *Desafios e perspectivas na comercialização de produtos provenientes de sistemas agroflorestais no estado de São Paulo*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/13871>.

5. Capítulo 3: Índice de vegetação com NDVI em sistemas agroflorestais.

Felipe da Rocha Araujo¹; João Batista Lopes da Silva¹; Viviane Maria Barazetti²

¹Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), PPGCS, Teixeira de Freitas/BA, Brasil.

E-mail: lipirochaph@gmail.com; silvajbl@ufsb.edu.br;

²Fundação José Silveira USSMA - PROGRAMA ARBORETUM, Teixeira de Freitas/BA, Brasil. E-mail: viviane.barazetti@fjs.org.br

Resumo

Este estudo avaliou a dinâmica da cobertura vegetal em Sistemas Agroflorestais (SAFs) implantados nas comunidades Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro, localizadas nos territórios de identidade extremo sul da Bahia e costa do descobrimento. O objetivo foi analisar a evolução temporal da vegetação utilizando o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivado de imagens Sentinel-2 (nível L2A), no período de março de 2023 a março de 2025. As análises foram conduzidas por meio de um script em linguagem Python, que calculou estatísticas zonais e classificou a cobertura do solo em quatro categorias (densa, moderada, esparsa e solo exposto). O conjunto de dados, composto por 220 observações em 44 polígonos georreferenciados, foi analisado utilizando Modelos Lineares de Efeitos Mistos (LMM) no software R 4.5.1, com controle de efeitos aleatórios por localidade e correlação temporal. Os resultados evidenciaram que o fator temporal foi o principal determinante das variações do NDVI, refletindo a forte influência da sazonalidade climática sobre a cobertura vegetal. As médias do índice variaram de 0,1816 (março/2023) a 0,3880 (abril/2024), com picos associados à estação chuvosa e reduções durante períodos secos. Entre as comunidades, observou-se maior desempenho médio em Rancho Queimado (0,3084) e Meio da Mata (0,2900), em contraste com Craveiro (0,1530), que apresentou cobertura mais esparsa e indicativos de estágio inicial de regeneração. Embora as diferenças espaciais não tenham sido estatisticamente significativas no modelo completo ($p < 0,05$), contrastes ajustados revelaram discrepância relevante entre Craveiro e Meio da Mata ($t = -2,558$). Os resultados confirmam a aplicabilidade do NDVI como indicador robusto para o monitoramento temporal da restauração ecológica, evidenciando que a variação da cobertura vegetal está fortemente associada à sazonalidade hídrica e às condições locais de manejo. O estudo reforça o potencial do sensoriamento remoto como ferramenta eficaz, de baixo custo e multiescalar, para o acompanhamento de projetos de restauração e avaliação de indicadores de sucesso em SAFs.

Palavras chave: Sensoriamento remoto; Cobertura vegetal; Monitoramento.

Abstract

This study evaluated the dynamics of vegetation cover in Agroforestry Systems (AFS) implemented in the communities of Rancho Queimado, Meio da Mata Indigenous Village, and Craveiro Indigenous Village, located in the extreme south of Bahia and the Discovery Coast. The objective was to analyze the temporal evolution of vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Sentinel-2 images (L2A level), from March 2023 to March 2025. The analyses were conducted using a Python script, which calculated zonal statistics and classified land cover into four categories (dense, moderate, sparse, and exposed soil). The dataset, composed of 220 observations in 44 georeferenced polygons, was analyzed using Linear Mixed Effects Models (LMM) in R 4.5.1 software, with control for random effects by location and temporal correlation. The results showed that the temporal factor was the main determinant of NDVI variations, reflecting the strong influence of climatic seasonality on vegetation cover. The index averages ranged from 0.1816 (March/2023) to 0.3880 (April/2024), with peaks associated with the rainy season and reductions during dry periods. Among the communities, Rancho Queimado (0.3084) and Meio da Mata (0.2900) showed the highest average performance, in contrast to Craveiro (0.1530), which presented more sparse cover and indications of an initial stage of regeneration. Although the spatial differences were not statistically significant in the complete model ($p < 0.05$), adjusted contrasts revealed a relevant discrepancy between Craveiro and Meio da Mata ($t = -2.558$). The results confirm the applicability of NDVI as a robust indicator for the temporal monitoring of ecological restoration, showing that variations in vegetation cover are strongly associated with water seasonality and local management conditions. The study reinforces the potential of remote sensing as an effective, low-cost, and multi-scale tool for monitoring restoration projects and evaluating success indicators in agroforestry systems.

Keywords: Remote sensing; Vegetation cover; Monitoring.

5.1 Introdução

Avaliar o sucesso de projetos de restauração florestal é um processo complexo, que envolve múltiplos critérios e pode ser permeado por subjetividades. Nesse contexto, o sensoriamento remoto (SR) se destaca como uma ferramenta eficaz, por oferecer indicadores objetivos que auxiliam no monitoramento ambiental e na análise da vegetação (TIERRY; SANTOS, 2024).

O processo de mensuração da cobertura do solo é realizado pelo cálculo da proporção da área monitorada ocupada por componentes desejáveis (como árvores), indesejáveis (como gramíneas exóticas) e solo exposto. Essa métrica é especialmente relevante nas fases iniciais da restauração, quando se espera o avanço gradual das copas das árvores sobre o terreno. Além disso, permite detectar situações de insucesso, como erosão e invasão por espécies exóticas (PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA; ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA, 2024).

A cobertura vegetal do solo constitui um dos principais indicadores de recuperação ecológica, distinguindo-se do uso do solo, que se refere às atividades humanas realizadas na superfície, como agricultura ou infraestrutura, sendo que nos últimos anos, na região dos estudos, essas atividades têm provocado alterações significativas na cobertura e no uso do solo (HU et al., 2023).

Uma das vantagens do uso do sensoriamento remoto é a possibilidade de realizar análises em diferentes escalas espaciais e temporais, dependendo do sensor empregado (CAMARRETTA et al., 2020). Além disso, a aplicação dessas técnicas torna-se uma alternativa viável para o monitoramento de larga escala, uma vez que os levantamentos de campo extensivos demandam alto custo e tempo (VIANI et al., 2018).

Segundo Fitz (2008), o sensoriamento remoto consiste na captação, à distância, da energia eletromagnética refletida, absorvida ou emitida pela superfície terrestre por meio de sensores. Quanto maior o número de classes de cobertura analisadas, maior a riqueza de informações ecológicas obtidas, sendo possível, inclusive, agrupar classes posteriormente na etapa de análise (SOUSA; VIEIRA, 2018).

Entre os principais produtos derivados do sensoriamento remoto estão os Índices de Vegetação (IVs), como o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) que permitem inferir parâmetros fundamentais da vegetação, como o índice de área foliar (IAF), a biomassa e a densidade de cobertura vegetal (JENSEN, 2009). O NDVI é calculado a partir da diferença

entre as reflectâncias do infravermelho próximo e do vermelho, dividida pela soma dessas bandas (GURGEL, 2000; VANI; MANDLA, 2017). Seus valores variam de -1 a +1, indicando desde superfícies sem vegetação (valores negativos ou próximos de zero) até áreas densamente vegetadas (valores próximos de +1) (VANI; MANDLA, 2017).

O Pacto pela Restauração da Mata Atlântica recomenda que, ao atingir 70% de cobertura de dossel, outros indicadores ecológicos sejam avaliados em campo (VIANI et al., 2013). A cobertura de dossel, portanto, é um dos principais indicadores nas fases iniciais da restauração de ecossistemas (VIANI et al., 2017).

A densidade de árvores também é um parâmetro amplamente utilizado e, muitas vezes, exigido por normativas legais, como a Resolução INEA (Instituto Estadual do Ambiente) nº 143/2017, do estado do Rio de Janeiro. Entretanto, especialistas alertam que uma menor densidade de árvores bem estabelecidas pode indicar uma condição ecológica mais estável do que uma alta densidade de indivíduos jovens e vulneráveis (PÜTZ et al., 2011). De todo modo, o fechamento do dossel reduz a presença de gramíneas, favorece a atração de dispersores de sementes e cria condições microclimáticas propícias ao estabelecimento e à regeneração natural (VIANI et al., 2017).

Neste estudo, o NDVI foi utilizado para analisar a viabilidade e a evolução de SAFs em áreas de restauração. Esses índices, derivados de combinações matemáticas de bandas espectrais, realçam a vegetação e minimizam os efeitos do solo e da atmosfera (PEREIRA et al., 2021). Nesse contexto, foi realizado uso de sensoriamento remoto devido sua abordagem robusta, capaz de fornecer análises de diferentes níveis de escala e tempo, além de indicadores consistentes sobre a trajetória da restauração.

Assim, este estudo tem como objetivo monitorar a dinâmica da cobertura vegetal em SAFs localizados nas comunidades Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro, utilizando o NDVI para avaliar a evolução temporal, o progresso da restauração e seus indicadores de sucesso.

5.2 Metodologia

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em 3 comunidades que possuem SAFs implantados, sendo elas comunidade Rancho Queimado, aldeia indígena Meio da Mata e aldeia indígena Craveiro. Essas comunidades situam-se nos municípios de Alcobaça, Porto Seguro e Prado, todos no estado da

Bahia (Figura 1), mais especificamente nos territórios de identidade extremo Sul da Bahia e Costa do Descobrimento.

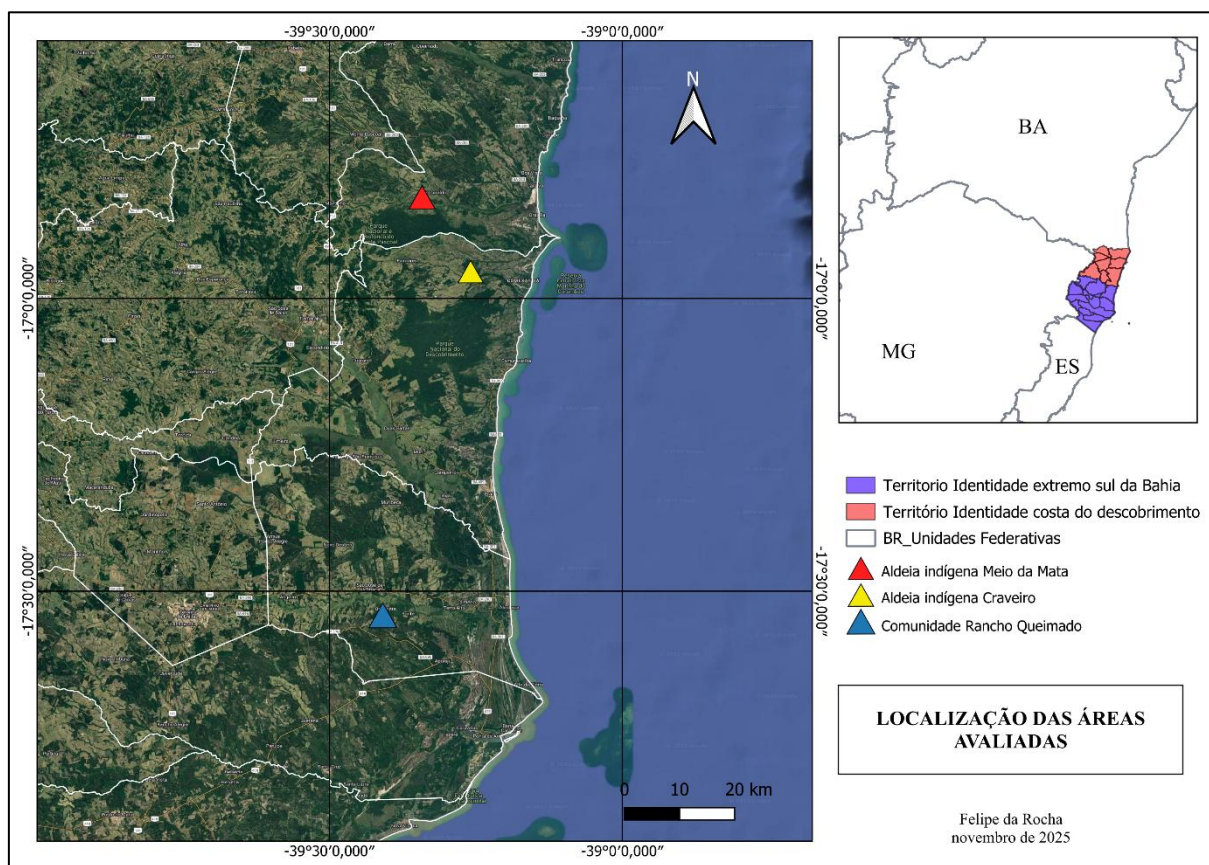


Figura 1 - Mapa de localização das áreas avaliadas.

Fonte: Autores (2025).

Os SAFs dessas comunidades foram implantados em parceria com o Programa *Arboretum* entre os anos de 2021 e 2023. A instituição disponibilizou as informações referentes às áreas, incluindo os polígonos georreferenciados de cada SAF. As implantações dos SAFs foram executadas nos seguintes períodos e localidades: aldeia indígena Meio da Mata (fevereiro de 2021), comunidade Rancho Queimado (setembro de 2022) e aldeia indígena Craveiro (fevereiro de 2023). O arranjo espacial das espécies nativas variou conforme a localidade, adotando-se espaçamentos de 6 x 0,5 m na aldeia indígena Meio da Mata, 6 x 1 m na comunidade Rancho Queimado e 6 x 1,5 m na aldeia indígena Craveiro. As espécies frutíferas foram inseridas de forma intercalar às nativas, com espaçamento fixo de 6 x 3 m. A área total implantada variou entre 0,5 e 1,0 hectare por localidade, ao todo foram avaliadas 44 áreas sendo 10 na aldeia indígena Craveiro, 18 na aldeia indígena Meio da mata e 16 na comunidade Rancho Queimado.

A implantação de SAFs pelo Programa *Arboretum* corresponde a uma prática desenvolvida em parte da Hileia Baiana. A viabilidade é resultado do apoio financeiro de diversas instituições, como o Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal, que, por meio do projeto *Pomares da Mata Atlântica*, busca aproximar as comunidades da floresta, associando a recomposição florestal à geração de renda e à segurança alimentar, destaca-se também o projeto *Florestas Culturais*, apoiado pela iniciativa *RestaurAccion* do Serviço Florestal Canadense, no âmbito da Rede Latino-Americana de Bosques Modelo, a parceria com a Organização Não Governamental (ONG) *One Tree Planted*, do Canadá, que tem financiado diversas ações de restauração e implantação de SAFs em territórios indígenas entre outros.

Coleta de dados

A análise da cobertura vegetal foi realizada por meio de um script desenvolvido em linguagem Python, com o objetivo de monitorar a dinâmica temporal de áreas específicas. O procedimento metodológico adotado encontra-se detalhado e disponível em: https://docs.google.com/document/d/1LGvqjyuwDjpu4EVAKQqkGG-FdfBtCPnh/edit?usp=drive_link&oid=115763297702271571596&rtpof=true&sd=true.

A abordagem baseou-se no cálculo do NDVI, utilizando imagens do satélite Sentinel-2, nível L2A (reflectância de superfície), no período compreendido entre março de 2023 e março de 2025 (Tabela NDVI está no anexo 03) (Figura 2).

O processo metodológico contemplou as seguintes etapas, foram obtidas imagens Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros, correspondentes ao nível L2A. As bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR) foram utilizadas para o cálculo do NDVI, conforme a fórmula:
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$
 NDVI=NIR+REDNIR-RED, com base nos valores de NDVI obtidos, a cobertura do solo foi classificada em quatro categorias, de acordo com os intervalos: Cobertura densa: 0,6 a 1,0, Cobertura moderada: 0,3 a 0,6, Cobertura esparsa: 0,1 a 0,3, Solo exposto: -1,0 a 0,1. Para cada polígono de interesse, o script extraiu estatísticas zonais que permitiram calcular a proporção de área ocupada por cada classe de cobertura vegetal em diferentes períodos.

Conforme ilustrado na Figura 2, observa-se a representação espacial da área CR06, com a coleta do shapefile e a variação temporal do NDVI entre setembro de 2022 e março de 2025.

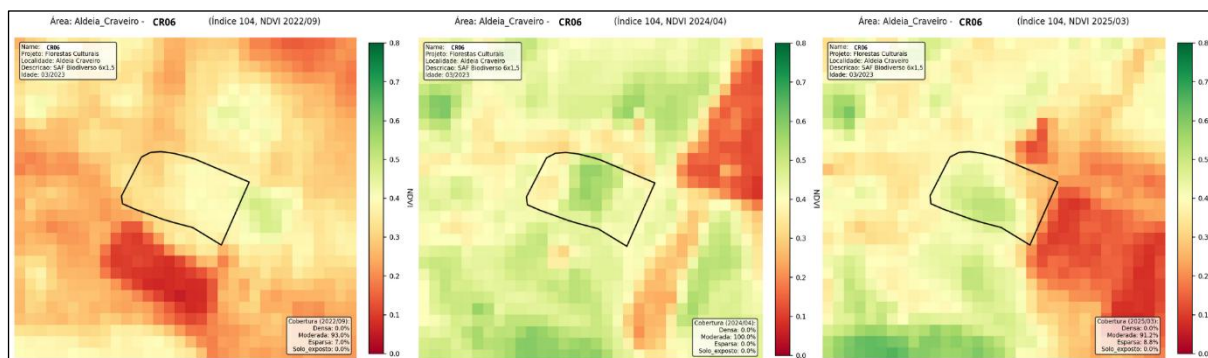


Figura 2 - Representação espacial da área CR06 com a coleta do shapefile e três registros dos índices de NDVI, destacando as classes de categorização e a variação temporal do índice no período de setembro de 2022 a março de 2025.

Fonte: Programa Arboretum (2025).

A interpretação dos resultados considerou como indicadores de sucesso: aumento da cobertura densa ($>0\%$); cobertura moderada elevada (ideal $\geq 60\%$), especialmente acompanhada de cobertura densa; redução de solo exposto (ideal $\leq 5\%$); redução de cobertura esparsa (ideal $\leq 10\%$).

Além dos dados de NDVI, foram obtidas informações meteorológicas referentes aos três municípios: Prado, Porto Seguro e Alcobaça. Foram coletados dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, disponibilizados pelo Os dados climáticos utilizados neste estudo foram obtidos na plataforma Dataclima (<https://dataclima.onrender.com/>), a qual disponibiliza séries históricas anuais reconstruídas e homogêneas para municípios brasileiros

Os dados meteorológicos coletados foram utilizados para validar os resultados obtidos a partir do NDVI e conferir maior respaldo às análises realizadas.

Análise dos dados

A análise estatística teve como objetivo principal avaliar a influência da localidade e das condições ambientais sobre a eficácia da cobertura do solo, medida pelo NDVI. Os dados foram organizados no formato *longo*, resultando em 220 observações, onde a variável dependente (NDVI) foi medida de forma repetida (cinco temporais) nos mesmos polígonos, os quais estavam localizados em três Comunidades. A análise foi conduzida no ambiente software R

4.5.1 (R Core Team. 2025), utilizando os pacotes lme4 (Bates D et al. 2015) e lmerTest (Kuznetsova A et al. 2017).

Devido à natureza hierárquica e de medidas repetidas dos dados, o LMM foi a técnica estatística selecionada. O LMM permite modelar simultaneamente a variação entre os grupos e a variação não observada dentro dos grupos, controlando a não-independência das observações.

O modelo inicial foi formulado com o intuito de isolar o efeito direto das variáveis climáticas (Precipitação, Umidade Relativa e Radiação Solar) e dos fatores de manejo/tempo sobre o NDVI, incluindo um efeito aleatório de localidade para controlar a heterogeneidade da amostragem.

5.3 Resultados e Discussão

Os resultados do modelo indicaram que o fator temporal foi o principal determinante das variações observadas no NDVI, evidenciando o papel marcante da sazonalidade climática na dinâmica da cobertura vegetal.

Os resultados do modelo linear misto (LMM), expressos pelas médias ajustadas de cobertura do solo, encontram-se sintetizados abaixo na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados do teste LMM.

Comunidade	Média ajustada
Rancho Queimado	0,3084
Meio da Mata	0,2900
Craveiro	0,1530

Fonte: Autores (2025).

As médias do índice oscilaram de um mínimo de 0,1816 em março de 2023 a um máximo de 0,3880 em abril de 2024, revelando flutuações cíclicas compatíveis com a resposta da vegetação às variações sazonais de precipitação e temperatura. As menores médias, observadas em março de 2023 e outubro de 2024, correspondem a períodos de transição ou pico da estação seca, caracterizados por redução da umidade do solo, perda foliar, decréscimo do vigor fotossintético e aumento da exposição do solo (figuras 3 a 5).

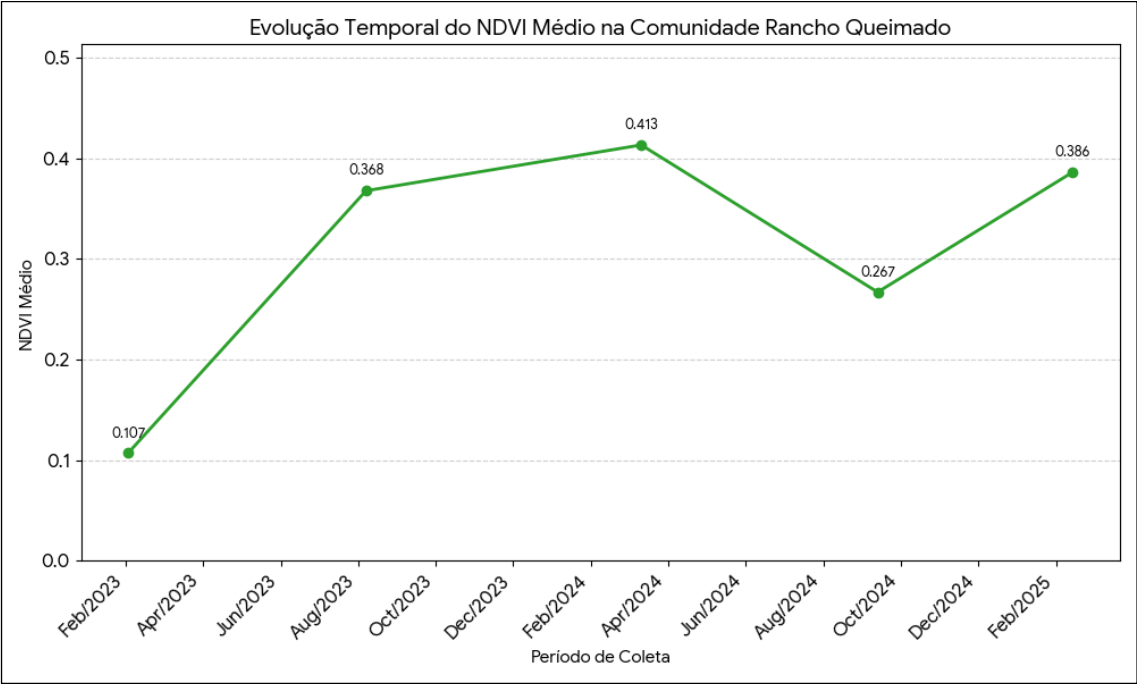


Figura 3 - Curva de evolução temporal do NDVI na comunidade Rancho Queimado.
Fonte: Autores (2025).

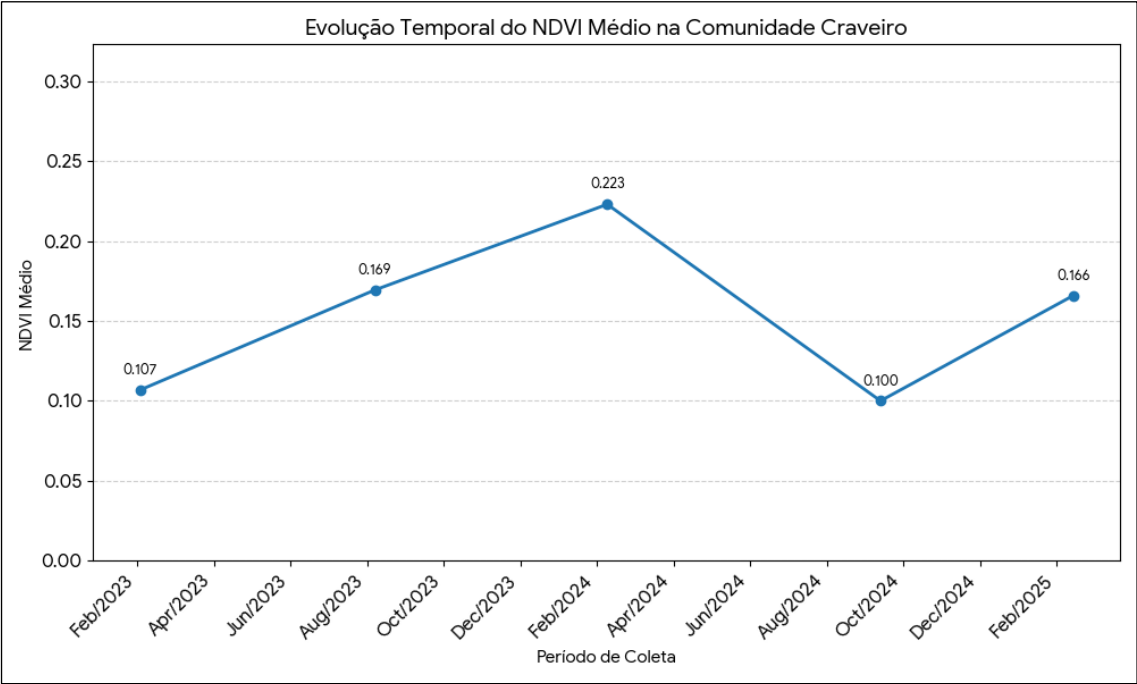


Figura 4 - Curva de evolução temporal do NDVI na aldeia indígena Craveiro.
Fonte: Autores (2025).

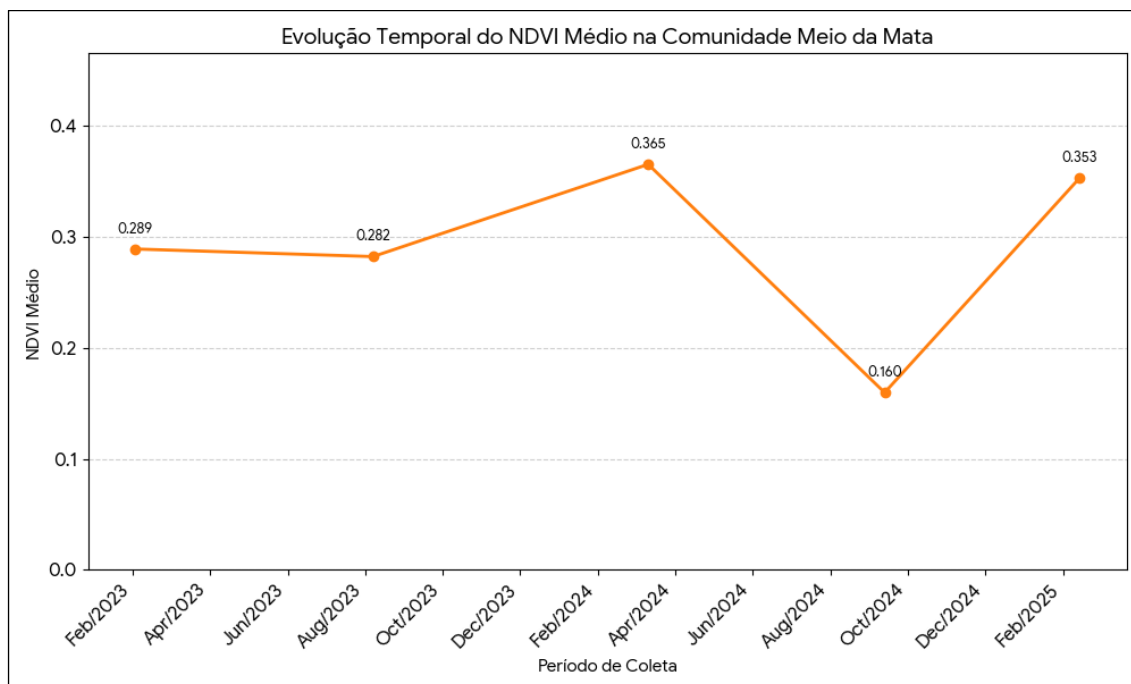


Figura 5 - Curva de evolução temporal do NDVI na Aldeia indígena Meio da Mata.
Fonte: Autores (2025).

Embora as variáveis meteorológicas precipitação, umidade relativa e radiação solar tenham sido retiradas do modelo final devido à alta colinearidade com o fator temporal, o comportamento do NDVI ao longo do tempo serviu como convalidação indireta dos efeitos climáticos. Assim, a variação do índice foi predominantemente impulsionada pelas condições ambientais sazonais, e não por eventos isolados, reforçando a utilidade do sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento ecológico de longo prazo (PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA; ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA, 2024).

Em relação à variação espacial entre comunidades, observou-se uma diferenciação nos valores médios de NDVI (Figura 6), embora sem significância estatística ($p < 0,05$) em todas as comparações pareadas no modelo completo. As médias ajustadas revelaram a seguinte hierarquia de desempenho: comunidade Rancho Queimado (0,3084), aldeia indígena Meio da Mata (0,2900) e aldeia indígena Craveiro (0,1530). A aldeia indígena Craveiro apresentou, de forma consistente, os menores valores médios de NDVI, o que sugere cobertura vegetal mais esparsa, maior exposição do solo e possível estágio inicial de regeneração em comparação às demais comunidades.

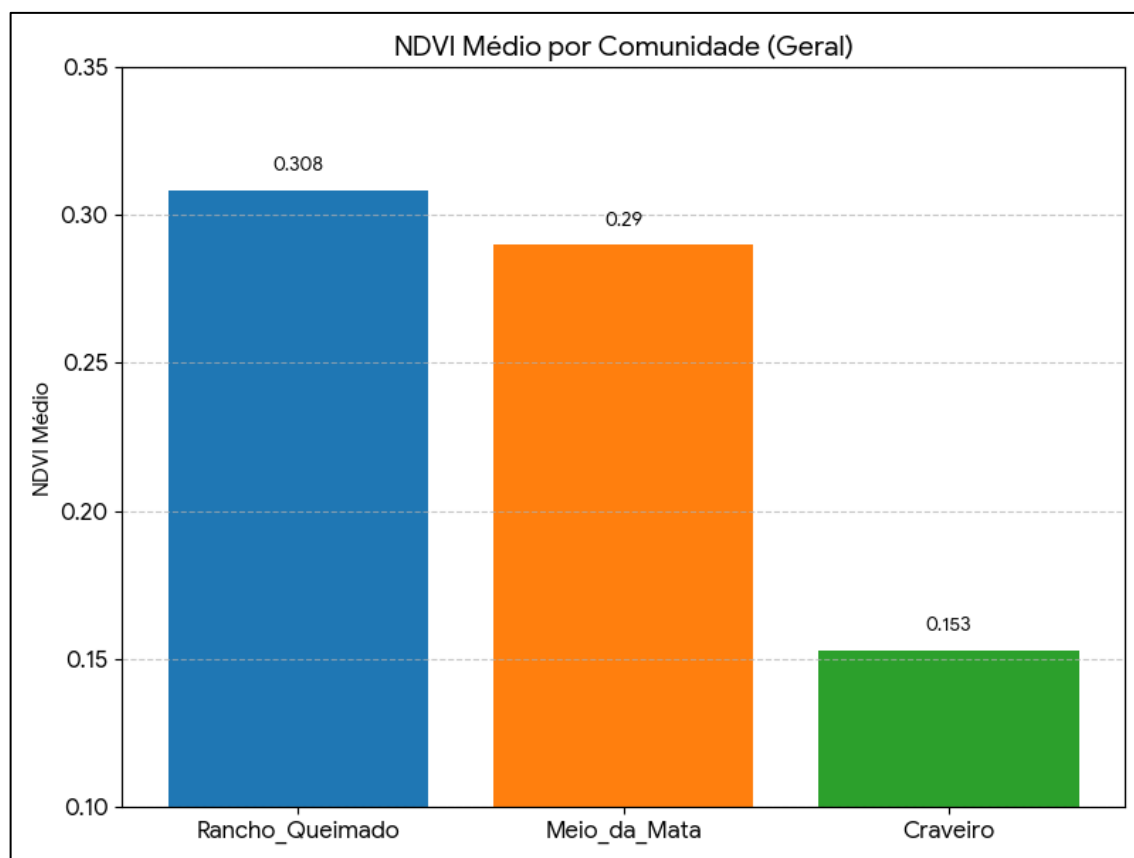


Figura 6 - Gráfico do NDVI médio por comunidades.

Fonte: Autores (2025).

A ausência de significância entre as três comunidades no modelo completo pode estar associada a dois fatores principais: (i) a heterogeneidade local, resultante de variações microclimáticas e pedológicas não mensuradas, que ampliam a variância residual e mascaram o efeito do fator “localidade”; e (ii) o poder estatístico limitado, decorrente do número restrito de pontos amostrais, o que reduz a sensibilidade do modelo para detectar diferenças sutis entre os grupos.

No entanto, ao aplicar uma versão simplificada do LMM, foi possível identificar diferenças acentuadas entre algumas comunidades. A diferença entre Aldeia Indígena Craveiro e Meio da Mata ($t = -2.558$)⁵ apresentou-se como o resultado mais expressivo da análise, indicando que a cobertura do solo na aldeia indígena Craveiro é significativamente inferior à de Meio da Mata, mesmo após o controle das variações climáticas. Esse resultado sugere que fatores intrínsecos,

⁵ O valor de t indica a intensidade e a direção da diferença na cobertura do solo entre as comunidades analisadas; valores próximos de zero indicam ausência de diferença significativa.

como o estado estrutural da vegetação, podem dificultar a manutenção de biomassa elevada na aldeia indígena Craveiro, tornando essa localidade mais vulnerável a períodos de déficit hídrico.

Em contrapartida, a diferença entre aldeia indígena Meio da Mata e comunidade Rancho Queimado ($t = -0.134$) apresentou o resultado mais fraco, não havendo evidência estatística de diferença significativa entre essas duas comunidades. Assim, para fins práticos de monitoramento e gestão, essas comunidades podem ser agrupadas em uma categoria de “alto desempenho” de cobertura do solo, enquanto Craveiro se enquadra na categoria de “baixo desempenho”.

Sobre os dados climáticos foi realizada uma análise qualitativa dos dados, partindo da geração de gráficos referentes aos municípios de Alcobaça (Figura 7), Porto Seguro (Figura 8) e Prado (Figura 9) no estado da Bahia, apresentando a variação da precipitação mensal e da temperatura média entre os anos de 2021 e 2025, permitindo observar padrões climáticos semelhantes entre as localidades.

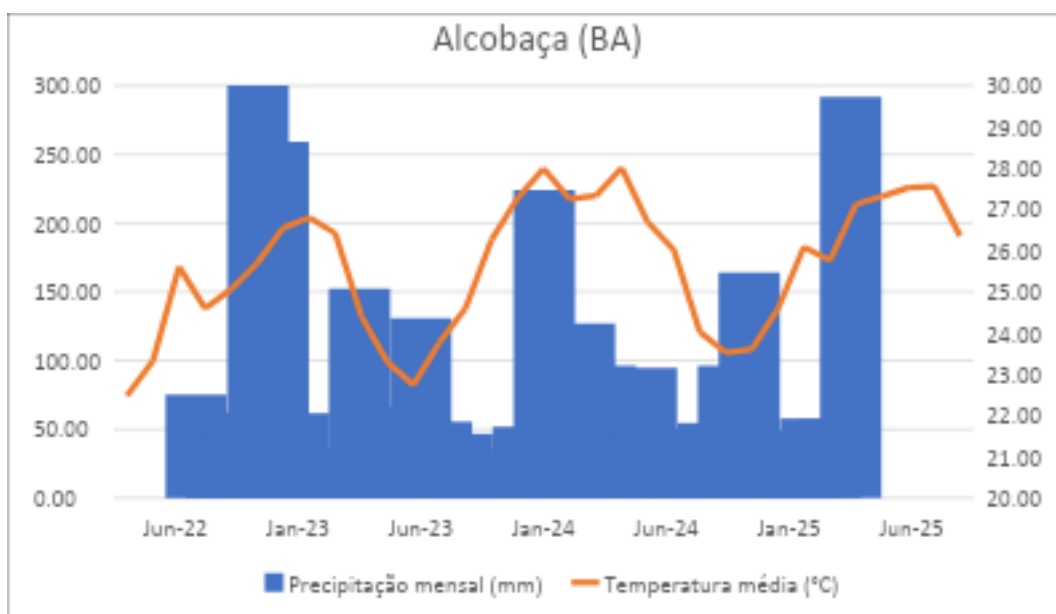


Figura 7 - Variação mensal da precipitação e da temperatura média no município de Alcobaça entre agosto de 2022 e abril de 2025.

Fonte: Autores (2025).

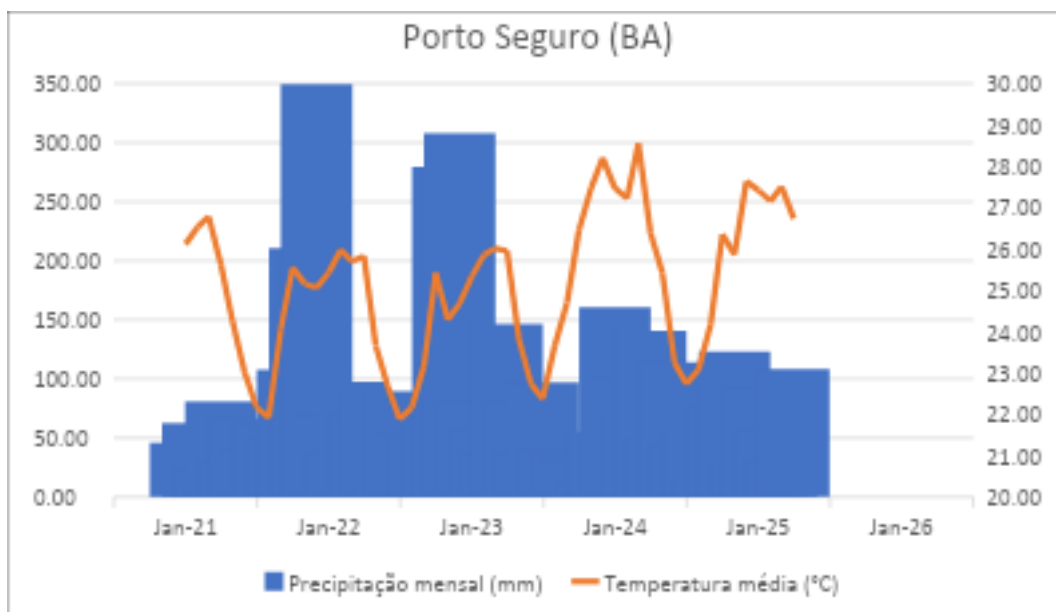


Figura 8 - Variação mensal da precipitação e da temperatura média no município de Porto Seguro entre janeiro de 2021 e abril de 2025.

Fonte: Autores (2025).

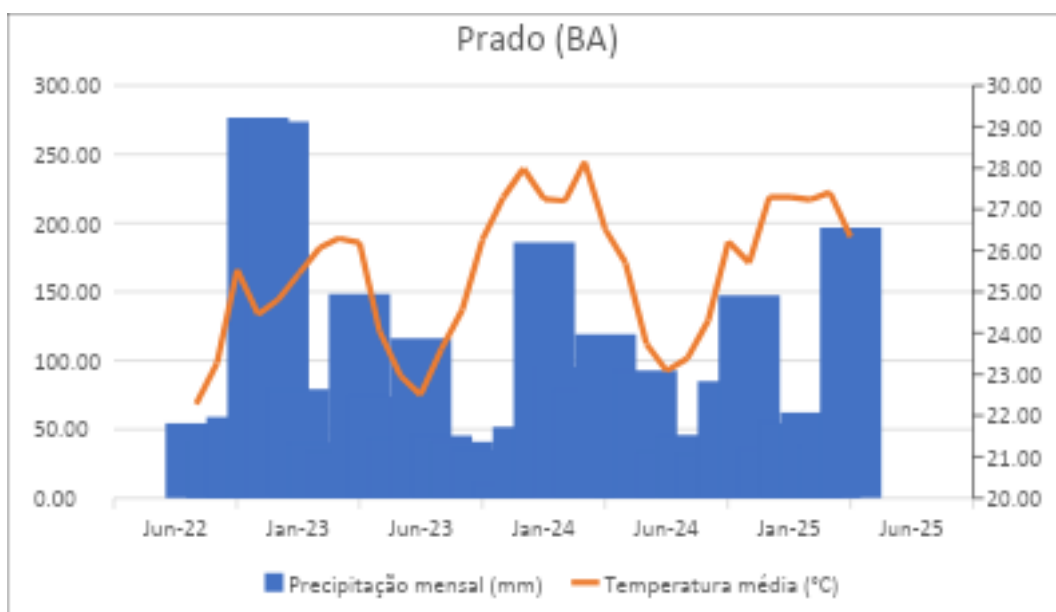


Figura 9 - Variação mensal da precipitação e da temperatura média no município de Prado entre agosto de 2022 e abril de 2025.

Fonte: Autores (2025).

O desempenho dos SAFs na comunidade Rancho Queimado pode estar diretamente relacionado ao período de implantação, realizada em setembro de 2022, mês que antecedeu os maiores picos de precipitação média registrados no município de Alcobaça, com valores de 309,91 mm em novembro e 259,24 mm em dezembro. As temperaturas médias nesse período foram de 24,6 °C e 25,06 °C, respectivamente. Essa condição climática favorável explica, em parte, os melhores

valores de NDVI observados nessa localidade, considerando que os SAFs não dispõem de sistemas de irrigação e, portanto, dependem fortemente da disponibilidade hídrica proveniente das chuvas.

Na aldeia indígena Meio da Mata, a implantação dos SAFs ocorreu em fevereiro de 2021, quando a precipitação média mensal de Porto Seguro foi de 62,49 mm. Entretanto, em março, a precipitação reduziu-se drasticamente para 23,21 mm, com temperatura média próxima de 27 °C. Nessa circunstância, o uso de hidrogel no plantio foi um fator crucial para a manutenção da umidade do solo e a sobrevivência das mudas durante o período de “pegamento”. Além disso, o tempo de implantação mais antigo, em comparação às demais áreas, mostra-se determinante para os valores mais elevados de NDVI, refletindo o estágio mais avançado de desenvolvimento dos sistemas implantados.

Por sua vez, na aldeia indígena Craveiro, os SAFs foram implantados em fevereiro de 2023, período em que a precipitação média de Prado foi de 40,29 mm, com posterior redução para 33,47 mm em abril e temperaturas médias superiores a 26 °C. Essas condições climáticas adversas provavelmente influenciaram negativamente a taxa de pegamento e a sobrevivência das mudas, o que pode explicar os menores valores de NDVI observados nessa localidade. Além disso, o fato de a implantação ter ocorrido mais recentemente em relação às demais áreas, aliado ao arranjo menos adensado das espécies florestais (6 x 1,5 m), pode ter contribuído para a menor cobertura vegetal detectada pelos índices de vegetação.

A precipitação total também se apresenta como um fator determinante para os resultados positivos observados. Entre agosto de 2022 e abril de 2025, os volumes acumulados foram de 3.058,13 mm em Alcobaça, 2.719,55 mm em Porto Seguro e 2.771,30 mm em Prado. Esses valores indicam que, durante o mesmo período, o município de Alcobaça registrou um volume de chuvas superior em 338,58 mm em relação a Porto Seguro e 286,83 mm a mais que Prado. Essa diferença expressiva na precipitação pode ter contribuído diretamente para os melhores desempenhos dos índices de vegetação (NDVI) observados em Alcobaça, evidenciando a influência da disponibilidade hídrica sobre o vigor e a cobertura vegetal nas áreas estudadas.

A análise temporal reforça que as variações sazonais são o principal fator de controle do NDVI nas três comunidades. Observou-se que os valores do índice aumentam e diminuem de forma sincronizada entre as comunidades, acompanhando o regime hídrico regional. Dessa forma, a sazonalidade hidrológica define o padrão de flutuação do NDVI, enquanto a localidade

determina o nível médio de desempenho, refletindo o efeito de variáveis locais de manejo e características ambientais.

De modo geral, os resultados confirmam a eficácia do NDVI como indicador da dinâmica temporal da cobertura vegetal em áreas sob restauração, destacando a importância das condições hídricas especialmente da precipitação e da umidade como principais fatores determinantes da saúde da vegetação no período analisado (2021–2024).

5.5 Conclusões

O uso do sensoriamento remoto, por meio do NDVI, demonstrou-se uma ferramenta eficiente para o monitoramento da dinâmica da cobertura vegetal em áreas de restauração conduzidas com a implementação de SAFs na Hileia Baiana. Os resultados indicam que a variação temporal foi o principal fator associado às flutuações do NDVI, atuando de forma conjunta com variáveis como o tempo de implantação dos sistemas, a densidade de plantio e as características ambientais locais.

Entre as áreas avaliadas, a aldeia indígena Meio da Mata apresentou o melhor desempenho, conforme evidenciado pelos índices estimados pelo LMM. Esse resultado está relacionado, sobretudo, ao maior tempo de implantação do SAF e à adoção de arranjos mais adensados, quando comparados às demais localidades. Os valores de NDVI corroboram a influência da densidade de plantio sobre a cobertura do solo, uma vez que os maiores índices foram observados nas comunidades com arranjos mais densos, como Meio da Mata ($3 \times 0,5$) e Rancho Queimado (3×1).

De modo geral, os resultados ressaltam a importância de integrar informações climáticas e de manejo ao processo de avaliação, possibilitando uma compreensão mais abrangente da trajetória de recuperação das áreas restauradas. Nesse contexto, o monitoramento contínuo por sensoriamento remoto, associado a dados de campo e meteorológicos, configura-se como uma abordagem promissora para a validação e o aprimoramento das práticas de restauração ecológica.

5.5 Referências

Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). “Ajustando modelos lineares de efeitos mistos usando lme4.” *Journal of Statistical Software* , **67** (1), 1–48. [doi:10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01) Acesso em: 26 nov 2025.

CAMARRETTA, N.; HARRISON, P. A.; BAILEY, T.; POTTS, B.; LUCIEER, A.; DAVIDSON, N.; HUNT, M. Monitoring forest structure to guide adaptive management of forest restoration: a review of remote sensing approaches. *New Forests*, Springer, v. 51, n. 4, p. 573–596, 2020.

FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GURGEL, H. C. *Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima*. 2000. 118 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

HU, Y.; MAHMOOD, A.; SAQIB, Z.; AHMAD, A.; MAHMOOD, A.; UL HASSAN, M. Uso/coertura do solo, detecção de mudanças e estimativa de NDVI no sul da província de Punjab, Paquistão. *Sustainability*, v. 15, n. 3572, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15043572>.

JENSEN, J. R. *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. 2. ed. New Delhi: Pearson Education India, 2009.

Kuznetsova A, Brockhoff PB, Christensen RHB (2017). “Pacote lmerTest: Testes em Modelos Lineares de Efeitos Mistos.” *Journal of Statistical Software* , **82** (13), 1–26. [doi:10.18637/jss.v082.i13](https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13) Acesso em: 26 nov 2025.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA; ALIANÇA PELA RESTAURAÇÃO NA AMAZÔNIA. *Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e da Amazônia via sensoriamento remoto*. [S.l.]: TNC Brasil, 2024. Disponível em: <https://pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2024/11/protocolo-sr-pacto-2024.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2025.

PEREIRA, C. M. V. D.; NASCIMENTO, D. A.; OLIVEIRA, L. A.; GOMES, M. R. Investigação do uso de parâmetros biofísicos na influência do microclima dentro de áreas urbanas. *Ensaio e Ciência*, v. 25, p. 16–20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n1p16-20>.

PÜTZ, S.; GROENEVELD, J.; ALVES, L.; METZGER, J.; HUTH, A. Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: a modelling study for Brazilian Atlantic forests. *Ecological Modelling*, Elsevier, v. 222, n. 12, p. 1986–1997, 2011.

R Core Team (2025). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 26 nov 2025.

SOUSA, A. de P.; VIEIRA, D. L. M. *Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Estado de Mato Grosso*. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://sigam.sema.mt.gov.br/protocolo-monitoramento.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2025.

TIERRY, M.; SANTOS, I. M. *Ceres: um plugin QGIS para automatização do cálculo do NDVI*. In: ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DE MATO GROSSO, 13., 2024, Alto Araguaia. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 78–83. DOI: <https://doi.org/10.5753/eri-mt.2024.245832>.

VANI, V.; MANDLA, V. R. Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur district semi-arid areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, v. 8, n. 4, p. 559–566, 2017.

VIANI, R. A.; BARRETO, T. E.; FARAH, F. T.; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. Monitoring young tropical forest restoration sites: how much to measure? *Tropical Conservation Science*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 11, p. 1940082918780916, 2018.

VIANI, R. A.; HOLL, K. D.; PADOVEZI, A.; STRASSBURG, B. B.; FARAH, F. T.; GARCIA, L. C.; CHAVES, R. B.; RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. *Tropical Conservation Science*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 10, p. 1940082917697265, 2017.

VIANI, R.; RODRIGUES, R.; PADOVEZI, A.; FARAH, F. T.; GARCIA, L.; SANGLADE, L.; BRANCALION, P.; CHAVES, R.; BARRETO, T.; STRASSBURG, B.; SCARAMUZZA, C. D. M. *Pacto pela restauração da Mata Atlântica – Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal*. 2013. 61 p. Disponível em: <https://www.pactomataatlantica.org.br>. Acesso em: 17 jun. 2021.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sobre SAFs, conduzido sob as perspectivas da revisão sistemática, da análise de desempenho biológico e do monitoramento por sensoriamento remoto, evidencia que esses sistemas constituem um modelo estratégico de produção sustentável, especialmente em biomas de elevada diversidade, como a Mata Atlântica e regiões específicas como a Hileia Baiana. Os resultados confirmam que os SAFs superam os monocultivos convencionais ao promoverem melhoria da qualidade do solo, incremento da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e o sequestro de carbono, consolidando-se como alternativas viáveis para a restauração ecológica e a segurança alimentar.

Apesar da comprovada eficiência ecológica, os desafios para a expansão dos SAFs permanecem vinculados a limitações socioeconômicas e institucionais, como a ausência de precificação dos serviços ambientais e a necessidade de capacitação técnica contínua. A análise da dinâmica das espécies e do NDVI revelou variações de desempenho entre comunidades, influenciadas por fatores edafoclimáticos, tempo de implantação e práticas de manejo. A forte correlação observada entre o NDVI e a sazonalidade climática reforça a vulnerabilidade dos SAFs ao estresse hídrico, apontando para a importância de estratégias de adaptação e manejo de recursos hídricos.

Embora se trate de uma pesquisa inicial, este trabalho representa um avanço significativo na compreensão das diferentes formas de produção agrícola e reforça o papel dos SAFs como alternativa sustentável para produtores rurais. Entre os principais resultados alcançados destacam-se a elaboração de três artigos científicos que compõem a dissertação de mestrado e a devolutiva às comunidades locais e à sociedade em geral, por meio de uma cartilha educativa intitulada “*Sistemas Agroflorestais da Hileia Baiana*” (Apêndice 1).

Essa cartilha constitui um material introdutório e de caráter formativo, voltado a produtores rurais interessados em implantar ou aperfeiçoar seus sistemas agroflorestais, bem como a públicos engajados na temática ambiental.

Dessa forma, o estudo contribui não apenas para o avanço científico e metodológico, mas também para o fortalecimento da relação entre conhecimento acadêmico e aplicação prática, em prol de uma agricultura mais sustentável, integrada e resiliente.

6. PERSPECTIVAS

Para além dos resultados obtidos, este estudo reforça o potencial dos SAFs como estratégia de sustentabilidade e restauração ecológica, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de aprofundar pesquisas sobre suas dinâmicas. Entre as principais perspectivas, destaca-se a necessidade de aprofundar os estudos sobre os processos ecológicos e produtivos dos SAFs, com foco em indicadores de resiliência climática, produtividade e recuperação do solo, de modo a estabelecer modelos de referência regionais adaptados às condições edafoclimáticas específicas.

O monitoramento contínuo por sensoriamento remoto deve ser ampliado, incorporando séries temporais mais longas, métricas espectrais complementares e integração com dados de campo participativos, fortalecendo o uso dessas tecnologias no acompanhamento da restauração ecológica.

Do ponto de vista social e institucional é fundamental fomentar programas de capacitação técnica e extensão rural voltados a produtores, técnicos e gestores públicos, promovendo a difusão do conhecimento agroflorestal e incentivando a adoção de práticas sustentáveis em escala territorial. Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de instrumentos econômicos de valorização dos serviços ecossistêmicos, como pagamentos por serviços ambientais e incentivos fiscais, capazes de tornar os SAFs mais atrativos e financeiramente viáveis.

A consolidação dos SAFs como modelo produtivo sustentável dependerá, portanto, da integração entre ciência, sociedade e setor público, consolidando uma transição agroecológica efetiva e adaptada aos desafios socioambientais locais.

7. REFERÊNCIAS

BOTELHO, Adielson Correia; ANDRADE, Maristela de Paula. A expansão da silvicultura: impactos socioambientais em territórios camponeses no leste maranhense. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRARIA, 21., 2012. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/view/49536/751375140573>. Acesso em 18 nov. 2025.

BRANCALION, Pedro Henrique Santin e GANDOLFI, Sergius e RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Restauração Florestal. São Paulo: Oficina de Textos. Acesso em: 18 nov. 2025, 2015

CAMARGO, Giseli M. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma análise da sustentabilidade socioeconômica e ambiental. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1083393>. Acesso em: 18 de nov. 2025.

DERANI, Cristiane; SCHOLZ, Mariana Caroline. A INJUSTIÇA AMBIENTAL DAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DAS MONOCULTURAS PARA COMMODITIES AGRÍCOLAS DE EXPORTAÇÃO NO BRASIL. Revista de Direito Agrário e Agroambiental, Florianópolis, Brasil, v. 3, n. 2, p. 1–25, 2017. DOI: 10.26668/IndexLawJournals/2526-0081/2017.v3i2.2281. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/rdaa/article/view/2281>. Acesso em: 29 set. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. The 10 elements of Agroecology: Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. 2018. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3d7778b3-8fba-4a32-8d13-f21dd5ef31cf/content>. Acesso em: 18 nov. 2025.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World. 2017. Building resilience for peace and food security. 2017. Disponível em: www.fao.org/3/a-I7695e.pdf. Acesso em: 17 de agosto de 2025.

GONÇALVES, Ana Laura Rodrigues; VIVAN, José Luiz. Agroforestry and conservation projects in Brazil: carbon, biodiversity, climate, and people. [S. l.]: NaturSkyddsForeningen, 2012. Disponível em: https://cdn.naturskyddsforeningen.se/uploads/2021/05/11102531/agroforestry_and_conservation_on_digital_print_on_screen_display.pdf. Acesso em: abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: jun. 2024.

LEMOES, Luana Muritiba; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro; ESPINDOLA, José Antonio Azevedo. Avaliação participativa de sistemas agroflorestais em pequenas propriedades no Baixo Sul e Extremo Sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 12., 2024, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Cadernos de Agroecologia, 2024. v. 19, n. 1. Acesso em: 29 de setembro de 2025.

LIMA BALASSA, Dobleday et al. A redução de biodiversidade pela prática de monocultura e a degradação do solo e sua relação com a função social da terra no Brasil como forma de efetivação dos direitos da personalidade. *Revista Brasileira de Direitos da Personalidade*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 27–43, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/RBDP/article/view/12348>. Acesso em: 7 de abril de 2025.

LIMA BOHNER, T. O.; ARAÚJO, L. E. B.; NISHIJIMA, T. O IMPACTO AMBIENTAL DO USO DE AGROTÓXICOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE DOS TRABALHADORES RURAIS. *Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM*, [S. l.], v. 8, p. 329–341, 2013. DOI: 10.5902/198136948280. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8280>. Acesso em: 29 set. 2025.

MACHADO, Júlia Arnt. Fome e questão agrária no Brasil. 2023. 69 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Serviço Social) - Universidade Federal do Pampa, Campus São Borja, São Borja, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/7886>. Acesso em: 29 de setembro de 2025.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. História das agriculturas do mundo: do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Edunesp; Brasília: NEAD/MDA, 2010. 568 p. Disponível em: <https://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/historia-das-agriculturas-no-mundo-mazoyer-e-roudart.pdf>. Acesso em 29 set. 2025.

MICCOLIS, Andrea et al. Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: ISPN; ICRAF, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069767/restauracao-ecologica-com-sistemas-agroflorestais-como-conciliar-conservacao-com-producao-opcoes-para-cerrado-e-caatinga>. Acesso em: 18 nov. 2025.

OLIVEIRA, Dalmo M. et al. Crop, livestock, and forestry integration to reconcile soil health, food production, and climate change mitigation in the Brazilian Cerrado: A review. *Geoderma Regional*, [S. l.], v. 37, e00796, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00796>. Acesso em: 17 de agosto de 2025.

PADOVAN, Marcio P.; MAYER, Thiago S.; PEREIRA, Zeno V. Modelo de arranjo agroflorestal biodiverso para restauração ecológica de Áreas de Preservação Permanente, com geração de renda. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1145056/modelo-de-arranjo-agroflorestal-biodiverso-para-restauracao-ecologica-de-areas-de-preservacao-permanente-com-geracao-de-renda>. Acesso em: 18 nov. 2025.

PADOVAN, Milton P.; CARDOSO, Irene M.; PEREIRA, Zeno V.; SOARES, Juliana A. B. Sistemas agroflorestais no Brasil: desafios, demandas e perspectivas. In: EYNG, Cinthia; KUHN, Odair José; SILVA, Nardel Luiz Soares da; STANGARLIN, José Renato; RORATO, Daniele Guarienti (Organizadores). *Ciências agrárias: ensino, cooperativismo, segurança alimentar e sucessão na agricultura*. Marechal Cândido Rondon: Centro de Ciências Agrárias, 2019a. p. 68-84. Disponível em:

https://www.unioeste.br/portal/arq/files/cca/Ciencias_Agrarias_ensino-cooperativismo_seguranca_alimentar_e_sucessao_na_agricultura.pdf. Acesso em: 18 nov. 2025.

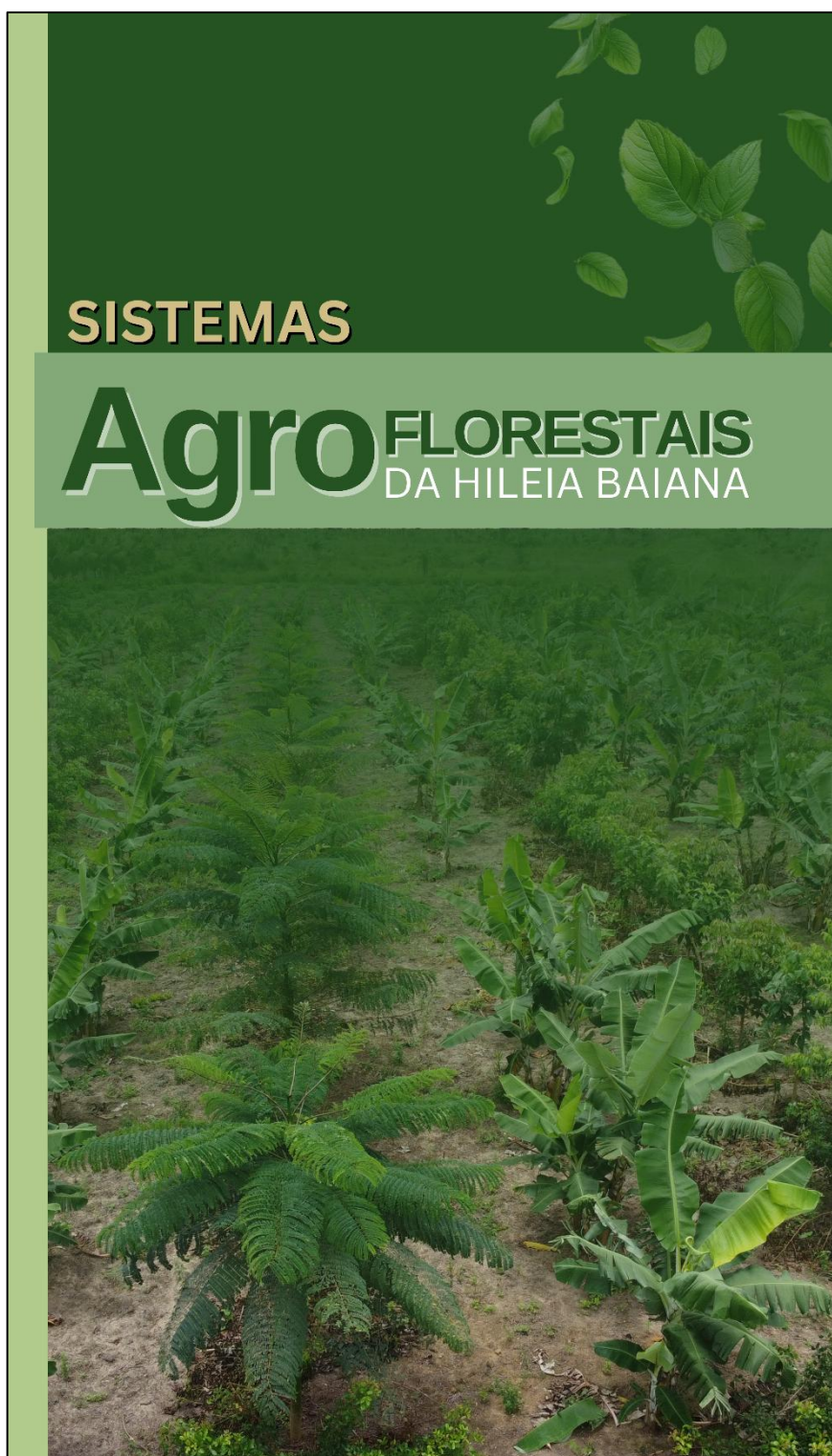
SANTOS, M. J. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; WANDELI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, SP, v. 62, p. 48-61, 2002. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr62/cap05.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

SCHROTH, G. et al. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *Forest Ecology and Management*, [S. l.], v. 163, p. 131-150, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223220264_Conversion_of_secondary_forest_into_agroforestry_and_monoculture_plantations_in_Amazonia_Consequences_for_biomass_litter_and_soil_carbon_stocks_after_7_years. Acesso 18 nov. 2025.

TELES ARANTES, Felipe et al. SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS: TRAJETÓRIAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS NOS TERRITÓRIOS DO BRASIL. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 09–43, 2023. DOI: 10.33240/rba.v18i1.23702. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49917>. Acesso em: 29 set. 2025.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Sistemas Agroflorestais da Hileia Baiana



Link de acesso:

https://drive.google.com/drive/folders/1BP_pyQK2HkLmkva3ytycaNbn053tf4Zt?usp=drive_link

ANEXOS

ANEXO 1 – Lista de espécies implementadas em sistemas agroflorestais por comunidade

ALDEIA MEIO DA MATA	
Nome científico	Nome popular
<i>Pouteria</i> sp.	Abiu-roxo
<i>Astronium graveolens</i>	Aderno
<i>Diospyros lasiocalyx</i>	Abricó
<i>Pterogyne nitens</i>	Amendoim-bravo
<i>Protium</i> sp.	Amescla
<i>Helicostylis tomentosa</i>	Amora-da-mata
<i>Senegalia polyphylla</i>	Angico-cangalha
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico-canjiquinha
<i>Eugenia dichroma</i>	Araçá
<i>Psidium guineense</i>	Araçá-do-campo
<i>Eugenia punicifolia</i>	Araçazinho
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira
<i>Cordia sellowiana</i>	Baba-de-boi
<i>Garcinia gardneriana</i>	Bacupari
<i>Tabebuia obtusifolia</i>	Banana-de-papagaio
<i>Pouteria psammophila</i>	Bapeba
<i>Joannesia princeps</i>	Boleira
<i>Spondias venulosa</i>	Cajirana
<i>Spondias macrocarpa</i>	Cajazinho
<i>Anacardium occidentale</i>	Caju
<i>Croton floribundus</i>	Capixingui
<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca
<i>Jacaranda puberula</i>	Carobinha
<i>Omphalea brasiliensis</i>	Cipó-abacate
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	Cinco-folha
<i>Pseudopiptadenia brenanii</i>	Cobi
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro
<i>Brosimum rubescens</i>	Cunduru
<i>Trema micranthum</i>	Curindiba
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba
<i>Sterculia excelsa</i>	Embira-de-gato
<i>Apeiba tibourbou</i>	Escova-de-macaco
<i>Dimorphandra jorgei</i>	Faveiro
<i>Senna macranthera</i>	Fedegoso
<i>Senna alata</i>	Fedegoso
<i>Swartzia apetala</i>	Feijão-gigante
<i>Pterygota brasiliensis</i>	Folheiro
<i>Iochroma arborescens</i>	Fruto-de-sabiá
<i>Ficus</i> sp.	Gameleira
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Garapa
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo

ALDEIA MEIO DA MATA	
<i>Psidium</i> sp.	Goiabinha
<i>Chrysophyllum subspinosum</i>	Guapeva
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Inga</i> sp. (“inga cabelo”)	Ingá-cabelo
<i>Inga edulis</i>	Ingá-de-metro
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Ipê-amarelo
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Ipê-felpudo
<i>Handroanthus arianee</i>	Ipê-preto
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá-da-Bahia
<i>Chamaecrista ensiformis</i>	Jaúna
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá
<i>Tabernaemontana</i> sp.	Leiteira
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro
<i>Diploptropis incexis</i>	Macanaíba
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Murici
<i>Byrsonima stipulacea</i>	Murici
<i>Eugenia punicifolia</i>	Murta
<i>Clarisia racemosa</i>	Oiticica
<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	Paineira
<i>Paubrasilia echinata</i>	Pau-brasil
<i>Senna multijuga</i>	Pau-cigarra
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Pau-sangue
<i>Libidibia ferrea</i>	Pau-ferro
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Peroba-amarela
<i>Erythroxylum affine</i>	Pimentinha
<i>Talisia esculenta</i>	Pitomba
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Putumuju
<i>Pleonoma fissinervium</i>	Quaresmeira
<i>Randia</i> sp.	Randila
<i>Sorocea guilleminiana</i>	Sorocea
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Tucaneiro
<i>Bauhinia forficata</i>	Unha-de-gato
<i>Bixa arborea</i>	Urucum-da-mata
<i>Plathymenia reticulata</i>	Vinhático
<i>Sterculia apetala</i>	Xixá

ALDEIA CRAVEIRO	
Nome científico	Nome popular
<i>Aegiphila integrifolia</i>	Tamanqueiro
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico
<i>Apeiba tibourbou</i>	Escova-de-macaco
<i>Campomanesia ilhoensis</i>	Guabiroba
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá-branco
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá-rosa

ALDEIA CRAVEIRO	
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro-rosa
<i>Centrolobium robustum</i>	Putumuju
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá-da-Bahia
<i>Dimorphandra jorgei</i>	Faveiro
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo
<i>Handroanthus cristatus</i>	Ipê-amarelo
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-roxo
<i>Inga edulis</i>	Ingá-de-metro
<i>Joannesia princeps</i>	Boleira
<i>Lecythis pisonis</i>	Sapucaia
<i>Leptolobium tenuifolium</i>	Juruna
<i>Paratecoma peroba</i>	Peroba-do-campo
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico-canjiquinha
<i>Psidium cf. cattleyanum</i>	Araçá
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Spondias venulosa</i>	Cajazão
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo
<i>Trema micrantha</i>	Curindiba

COMUNIDADE RANCHO QUEIMADO	
Nome científico	Nome comum
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá-da-bahia
<i>Astronium graveolens</i>	Gibatão
<i>Psidium bahianum</i>	Araçá
<i>Annona glabra</i>	Cortiça
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Ipê-ovo-de-macuco
<i>Handroanthus cristatus</i>	Ipê-ovo-de-macuco
<i>Diospyros lasiocalix</i>	Faeira
<i>Protium atlanticum</i>	Amescla
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo
<i>Jacaratia spinosa</i>	Mamãozinho
<i>Psidium guajava</i>	Goiabinha
<i>Virola officinalis</i>	Bicuiba
<i>Plinia peruviana</i>	Jabuticaba
<i>Garcinia brasiliensis</i>	Bacupari
<i>Spondias macrocarpa</i>	Cajazinho
<i>Spondias venulosa</i>	Cajazão
<i>Apeiba tibourbou</i>	Escova-de-macaco
<i>Aegiphila integrifolia</i>	Tamanqueiro
<i>Joannesia princeps</i>	Boleira
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico-canjiquinha
<i>Mimosa schomburgkii</i>	Angico-cangalha

COMUNIDADE RANCHO QUEIMADO	
<i>Iochroma arborescens</i>	Fruto-de-sabiá
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba
<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo
<i>Senna alata</i>	Fedegoso
<i>Sparattantosperma leucanthum</i>	Cinco-folhas
<i>Himatanthus bracteatus</i>	Agoniada
<i>Sparattanthelium botocudorum</i>	Agasalho-de-Anum
<i>Inga edulis</i>	Ingá-de-metro
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira
<i>Trema micrantha</i>	Curindiba
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Tucaneiro
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril
<i>Inga flagelliformis</i>	Ingá-branco
<i>Senna multijuga</i>	Pau-cigarra

ANEXO 2 – Ficha de coleta de dados

PROJETO:						
PARCERIA:						
LOCALIDADE						
NOME PRODUTOR:						
ÁREA DE AVALIAÇÃO:				OBS: SAF ou RTF ou ENR		
ÁREA (ha):						
PARCELAS (M):						
DATA DE PLANTIO				OBS: Monitoramento de sobrevivência ou Monitoramento de diversidade		
DATA DA AVALIAÇÃO:						
TIPO DE AVALIAÇÃO	Monitoramento sobrevivência					
MUNICÍPIO:	COMUNIDADE:					
ESPÉCIES	QTD	D	E	S	R	M
TOTAL						
% MORTALIDADE						
% DESENVOLVIDAS						
% PEGAMENTO						

Obs.: QTD: Quantidade; D: Desenvolvida; E: Estressada; S: Estagnada; R: Rebrotando; M: Morta.

ANEXO 3 – Tabela dos valores de NDVI

Tabela de NDVI Médio Aldeia Craveiro

ID	mar/23	set/23	abr/24	out/24	mar/25
CR01	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
CR02	0.1041	0.1714	0.0898	0.1000	0.3000
CR03	0.1650	0.1033	0.0967	0.1000	0.0967
CR04	0.1000	0.1000	0.0975	0.1000	0.0963
CR05	0.1000	0.1558	0.1000	0.1000	0.2935
CR06	0.1000	0.2281	0.3895	0.1000	0.3719
CR07	0.1000	0.1070	0.5093	0.1000	0.1000
CR08	0.1000	0.1021	0.1426	0.1000	0.1000
CR09	0.1000	0.3792	0.4528	0.1000	0.1000
CR10	0.0986	0.2464	0.2507	0.1000	0.1000

Tabela de NDVI Médio Aldeia Meio da Mata

ID	mar/23	set/23	abr/24	out/24	mar/25
MM01	0.2333	0.3316	0.2737	0.0982	0.3000
MM02	0.2727	0.1409	0.2864	0.1000	0.5455
MM03	0.2830	0.0989	0.1023	0.1000	0.2375
MM04	0.1000	0.3352	0.1193	0.2476	0.1000
MM05	0.4848	0.4435	0.6000	0.1000	0.5609
MM06	0.1089	0.1378	0.5467	0.2778	0.3800
MM07	0.3273	0.3000	0.2250	0.1182	0.4091
MM08	0.1000	0.1000	0.1182	0.2045	0.1000
MM09	0.3187	0.2937	0.5625	0.3594	0.5500
MM10	0.4244	0.5512	0.5512	0.1000	0.2942
MM11	0.1000	0.3250	0.1000	0.1000	0.2283
MM12	0.3955	0.3295	0.5909	0.1000	0.5659
MM13	0.1282	0.1051	0.3846	0.2410	0.4308
MM14	0.3000	0.2667	0.5879	0.2242	0.5121
MM15	0.4413	0.2654	0.1000	0.1000	0.2731
MM16	0.1000	0.2521	0.5563	0.1000	0.3187
MM17	0.6000	0.5565	0.4761	0.2043	0.4109
MM18	0.4862	0.2483	0.3966	0.1000	0.1414

Tabela de NDVI Médio Rancho Queimado

ID	mar/23	set/23	abr/24	out/24	mar/25
RQ01	0.1000	0.5400	0.1000	0.3075	0.1000
RQ02	0.1000	0.5900	0.7133	0.3500	0.2233
RQ03	0.1000	0.4038	0.5769	0.4962	0.5769
RQ04	0.1000	0.3061	0.4776	0.3000	0.3612
RQ05	0.1000	0.3000	0.0971	0.1353	0.4941
RQ06	0.1000	0.4435	0.1130	0.3000	0.5087
RQ07	0.1000	0.3124	0.3362	0.3171	0.1743
RQ08	0.1000	0.5766	0.5064	0.1000	0.4277
RQ09	0.1000	0.3028	0.1704	0.2852	0.1269
RQ10	0.1000	0.6000	0.7333	0.6000	0.6000

RQ11	0.2167	0.3400	0.4200	0.4100	0.5700
RQ12	0.1000	0.1254	0.4627	0.1661	0.3153
RQ13	0.1000	0.2493	0.5915	0.1028	0.5676
RQ14	0.1000	0.2807	0.1053	0.2035	0.1000
RQ15	0.1000	0.2080	0.7640	0.1000	0.4800
RQ16	0.1000	0.3073	0.4463	0.1000	0.5561

ANEXO 4 - Script utilizado para acesso aos periódicos/banco de dados

```
library(bibliometrix)
```

```
S <-convert2df("C:/Users/Felipe/Documents/R- studio/scopus.csv", dbsource = "scopus",  
format = "csv")
```

```
W <-convert2df("C:/Users/Felipe/Documents/R- studio/savedrecs.txt", dbsource = "wos",  
format = "plaintext")
```

```
U <-mergeDbSources(S, W, remove.duplicated = TRUE)
```

```
write.table(U, "C:/Users/Felipe/R- studio/dadosbiblio.csv", sep = ";", row.names = FALSE)
```

Script utilizado para etapa de análise e seleção:

```
P <-U[,c("DI", "PY", "SO", "DT", "DE", "TC")]
```

```
write.table(P, "C:/Users/Felipe/Documents/R- studio/dadosbibliosel.csv", sep = ";", row.names  
= FALSE)
```