

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Diagnóstico, desenho e viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com
Elaeis guineensis Jacq.

Onair Mendes de Oliveira
Doctor Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024

ONAIR MENDES DE OLIVEIRA

**Diagnóstico, desenho e viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com
Elaeis guineensis Jacq.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Silvio N. de Oliveira Neto

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

O48d
2024

Oliveira, Onair Mendes de, 1984-

Diagnóstico, desenho e viabilidade econômica de sistemas
agroflorestais com *Elaeis guineensis* Jacq / Onair Mendes de
Oliveira. – Viçosa, MG, 2024.

1 tese eletrônica (209 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.088>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Agrossilvicultura. 2. Óleo de palmeira. 3. Avaliação de
riscos. I. Oliveira Neto, Sílvio Nolasco de, 1965-.

II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.

III. Título.

GFDC adapt. CDD 634.926

ONAIR MENDES DE OLIVEIRA

**Diagnóstico, desenho e viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com
Elaeis guineensis Jacq.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 20 de dezembro de 2024.

Assentimento:

Onair Mendes de Oliveira
Autor

Silvio Nolasco de Oliveira Neto
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 20/03/2025 às 20:28:17 e pelo orientador em 21/03/2025 às 18:38:56. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **4XVA.WX9E.4V6S** e clique no botão 'Validar documento'.

*Dedico à Pedro Mendes de Oliveira e
Maria Pires de Oliveira.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A Deus, pela força, coragem e discernimento concedidos ao longo desta jornada.

À minha mãe, Maria Pires de Oliveira (*in memoriam*), e ao meu pai, Pedro Mendes de Oliveira (*in memoriam*), por me ensinarem, desde cedo, o caminho em que devo andar.

À minha esposa, Natiélia Nogueira, pelo apoio incondicional, pela paciência e compreensão ao longo desta jornada, sempre me incentivando nos momentos mais desafiadores e decisivos.

À minha filha, Clarice, pelo carinho e amor com que alegra nossa família todos os dias, tornando o caminho muito mais leve.

À minha irmã, Creuza Oliveira, pelo apoio, atenção e cuidado sempre presentes, oferecendo força e conforto, que tornaram este caminho muito mais leve.

Ao professor Silvio Nolasco de Oliveira Neto, pelos ensinamentos, pela orientação e pela disponibilidade em compartilhar seu conhecimento de forma generosa e construtiva.

Ao professor Márcio Lopes da Silva, pela valiosa coorientação, pelas contribuições técnicas e pelo suporte indispensável ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Engenheira Florestal M.Sc. Thamires Campos de Almeida, pelo constante apoio e pelas valiosas sugestões ao longo deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de cursar o Doutorado.

À Agropalma S/A, pela cessão do banco de dados e informações que possibilitaram a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

RESUMO

OLIVEIRA, Onair Mendes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2024. **Diagnóstico, desenho e viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com *Elaeis guineensis* Jacq.**. Orientador: Silvio Nolasco de Oliveira Neto.

O objetivo principal foi investigar a viabilidade de sistemas agroflorestais (SAFs) orgânicos em escala comercial no estado do Pará, Brasil, utilizando a metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) para propor arranjos experimentais que integrem sustentabilidade e competitividade econômica. Para isso, o estudo abordou a identificação, organização e sistematização de informações relevantes para o planejamento, implementação e monitoramento desses sistemas. A pesquisa foi conduzida na Agropalma S/A, com coleta de dados qualitativos e quantitativos realizada ao longo de 12 meses. A metodologia D&D seguiu quatro etapas principais: pré-diagnóstico, diagnósticos de mercado e operacional, análise dos diagnósticos e desenvolvimento de arranjos. O trabalho envolveu a colaboração entre a equipe da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o corpo técnico da empresa, integrando perspectivas técnicas, econômicas e operacionais. Ferramentas como análise SWOT/FOFA (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), matriz de sistematização e bancos de dados relacionais foram empregadas para organizar as informações e identificar espécies promissoras. Os resultados destacaram a viabilidade de arranjos agroflorestais compostos por espécies como Cacau, Andiroba, Castanha-do-Brasil e Eucalipto, em combinação com a Palma-de-óleo. O desenho em faixas foi priorizado para atender às necessidades de radiação solar para a Palma-de-óleo, evitando impactos negativos na produtividade. Espécies complementares, como Puerária e Margaridão, foram incluídas devido à sua contribuição para o manejo do solo e fixação de Nitrogênio. A análise econômica revelou que a diversificação produtiva dos SAFs pode favorecer a viabilidade de plantios orgânicos com Palma-de-óleo e aumentar a resiliência econômica, especialmente em mercados de produtos orgânicos valorizados internacionalmente. Entretanto, desafios operacionais, como o elevado custo de mão de obra, foram identificados como gargalos. Estratégias para mitigar esses desafios incluíram a mecanização de processos, como a quebra e a despolpa de frutos, além da adaptação das práticas de manejo às exigências das certificações orgânicas. A análise de sensibilidade mostrou que variações nos custos de produção e nos preços de mercado são fatores críticos para a viabilidade econômica dos arranjos propostos. O estudo concluiu que a metodologia D&D é uma ferramenta eficaz para

planejar e adaptar SAFs em larga escala, promovendo a integração de práticas sustentáveis e garantindo alinhamento às demandas de mercado. Os arranjos definidos permitirão investigar a sustentabilidade e a competitividade da produção orgânica de Palma-de-óleo, fornecendo subsídios para políticas públicas e estratégias de manejo que favoreçam a bioeconomia e a conservação ambiental.

Palavras-chave: palma-de-óleo; sistemas integrados; análise de risco; indicador de; sustentabilidade; plano ABC+

ABSTRACT

OLIVEIRA, Onair Mendes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2024. **Diagnosis, design and economic viability of agroforestry systems with *Elaeis guineensis* Jacq.** Adviser: Silvio Nolasco de Oliveira Neto.

The main objective was to investigate the feasibility of organic agroforestry systems (AFS) on a commercial scale in the state of Pará, Brazil, using the Diagnosis and Design (D&D) methodology to propose experimental arrangements that integrate sustainability and economic competitiveness. To achieve this, the study focused on the identification, organization, and systematization of relevant information for the planning, implementation, and monitoring of these systems. The research was conducted at Agropalma S/A, with qualitative and quantitative data collection carried out over 12 months. The D&D methodology followed four main stages: pre-diagnosis, market and operational diagnoses, analysis of diagnoses, and development of arrangements. The work involved collaboration between the team from the Federal University of Viçosa (UFV) and the company's technical staff, integrating technical, economic, and operational perspectives. Tools such as SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats), systematization matrices, and relational databases were employed to organize the information and identify promising species. The results highlighted the feasibility of agroforestry arrangements composed of species such as cocoa, andiroba, Brazil nut, and eucalyptus in combination with oil palm. Strip planting design was prioritized to meet the solar radiation requirements of oil palm, avoiding negative impacts on productivity. Complementary species, such as Puerária and Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*), were included due to their contributions to soil management and nitrogen fixation. The economic analysis revealed that the productive diversification of AFS can enhance the viability of organic oil palm plantations and increase economic resilience, especially in international markets for valued organic products. However, operational challenges, such as high labor costs, were identified as bottlenecks. Strategies to mitigate these challenges included mechanization of processes, such as fruit breaking and pulping, as well as adapting management practices to meet the requirements of organic certifications. The sensitivity analysis demonstrated that variations in production costs and market prices are critical factors for the economic viability of the proposed arrangements. The study concluded that the D&D methodology is an effective tool for planning and adapting large-scale AFS, promoting the integration of sustainable practices and ensuring alignment

with market demands. The defined arrangements will enable the investigation of the sustainability and competitiveness of organic oil palm production, providing inputs for public policies and management strategies that support the bioeconomy and environmental conservation.

Keywords: oil palm; integrated systems; risk analysis; sustainability indicator; ABC+ plan

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 1: Diagnóstico participativo para proposição de arranjos de sistemas agroflorestais com Palma-de-Óleo (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	18
CHAPTER 1: Participatory appraisal for the proposal of agroforestry system arrangements with Oil Palm (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	25
2.2. Metodologias utilizadas na coleta de dados	25
2.3. Elaboração de pré-diagnósticos	27
2.4. Diagnóstico de mercado e operacional	29
2.5. Análise dos diagnósticos e proposição dos desenhos e arranjos de SAFs	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. Pré-diagnóstico	32
3.2. Diagnósticos de mercado	33
3.3. Diagnóstico operacional	38
3.4. Análise dos diagnósticos	41
3.5. Proposição dos desenhos e arranjos de SAFs	44
4. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 2: Análise econômica e de sensibilidade em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), como estratégia para Diagnóstico e Desenho (D&D)	61
CHAPTER 2: Economic and Sensitivity Analysis in Agroforestry Systems with Oil Palm (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) as a Strategy for Diagnosis and Desenho (D&D)	63
1. INTRODUÇÃO	65
2. MATERIAIS E MÉTODOS	67
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	67
2.2. Caracterização dos arranjos agroflorestais avaliados	69

2.3. Estimativa de produção das espécies utilizadas	71
2.3.1. Palma-de-óleo	71
2.3.2. Produtos florestais não madeireiros - PFNM	71
2.3.4. Eucalipto	72
2.3.5. Outros produtos florestais madeireiros - PFM	73
2.4. Análise do fluxo de caixa, custos e receitas	74
2.4.1. Custos	74
2.4.2. Receitas	75
2.5. Análise econômica	76
2.6. Análise de sensibilidade	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.1. Fluxo de Caixa	79
3.2. Análise Econômica	83
3.3. Análise de Sensibilidade	86
4. CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS	93
CAPÍTULO 3: Definição de Indicadores biofísicos e econômicos para SAFs em escala comercial com Palma-de-óleo	102
CHAPTER 3: Definition of biophysical and economic indicators for commercial-scale agroforestry systems with oil palm	104
1. INTRODUÇÃO	106
2. MATERIAIS E MÉTODOS	109
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	109
2.2. Metodologias utilizadas	110
2.3. Definição de objetivos e metas	111
2.4. Levantamento e organização de informações	114
2.5. Definição do desenho experimental e indicadores de monitoramento para análise do SAFs	116
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	118
3.1. Definição de objetivos e metas	118
3.2. Levantamento e organização de informações	120
3.3. Definição do desenho experimental	123

3.4. Definição dos indicadores de monitoramento	126
4. CONCLUSÕES	130
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE A	141
APÊNDICE B	150
APÊNDICE C	152
APÊNDICE D	153
APÊNDICE E	160
APÊNDICE F	162
APÊNDICE G	163
APÊNDICE H	171
APÊNDICE I	176
APÊNDICE J	181
APÊNDICE K	187
APÊNDICE L	196
ANEXO A	205
ANEXO B	209

1. INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda global por fontes sustentáveis de produção, aliada à necessidade de promover práticas agrícolas que conciliem produtividade e conservação ambiental, tem colocado os SAFs em destaque como uma alternativa promissora (Mardegan et al., 2022). Estes sistemas produtivos proporcionam benefícios ecológicos, econômicos e sociais ao se utilizar de uma abordagem integrada para a produção agrícola, combinando o cultivo de espécies agrícolas com plantas florestais (Nair, Kumar e Nair, 2022). Neste contexto, a Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis*) surge como uma cultura de interesse estratégico, devido ao seu elevado rendimento de óleo por hectare e à sua crescente relevância no mercado global de óleos vegetais (Corley e Tinker, 2016).

A Palma-de-óleo é uma cultura com significativa relevância econômica no cenário agrícola global, principalmente devido à sua alta produtividade e ampla utilização de seus derivados na indústria alimentícia, cosmética e de biocombustíveis (Corley e Tinker, 2016). A sua utilização em SAFs tem despertado interesse crescente, pois além de proporcionar diversificação de renda para os agricultores, apresenta potencial para conservação da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas se tornando uma alternativa promissora para o cultivo sustentável da cultura, especialmente em regiões sensíveis como a Amazônia (Córdoba et al., 2019; Jesus Costa, et al., 2023; Khasanah et al., 2020).

Os SAFs que incorporam esta espécie possuem vantagens, como a diversificação da produção, a melhoria da fertilidade do solo, o sequestro de carbono e a promoção da biodiversidade (Carvalho et al., 2014; Córdoba et al., 2019; Furcal-Beriguete, Robles-Argüello e Salazar-Díaz, 2023; Hartemink, 2005; Maia, 2023; Santiago et al., 2013). Também pode-se afirmar que a adoção destes SAFs pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa por unidade produzida quando comparado com a palma em monocultivo, podendo resultar em maior competitividade no mercado (Boafo et al., 2020; Frianto et al., 2024; Schroth et al., 2011).

Adicionalmente, SAFs que contenham a Palma-de-óleo apresentam um grande potencial para o alcance das metas do Plano ABC+ pois permite a otimização do uso do solo aumentando a produtividade sem a necessidade de expansão sobre novas áreas (Brasil 2022). Neste sentido, esta ampliação da área

coberta por vegetação perene assim aliada a busca por eficiência no uso dos recursos naturais contribui para o alcance destas metas. Além de proporcionar benefícios ambientais, esse modelo produtivo pode fortalecer cadeias de valor sustentáveis, aumentando a rentabilidade dos produtores e incentivando a adoção de práticas agroecológicas. A integração dessas culturas pode ser apoiada por linhas de crédito específicas do Plano ABC+, viabilizando a adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental e promovendo a transição para uma agropecuária mais sustentável (Brasil, 2021).

Embora os sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo ofereçam benefícios promissores, a adoção deste modelo produtivo apresenta riscos potenciais que devem ser conhecidos e mensurados, tais como as mudanças significativas nas práticas de manejo quando comparados à monocultura, seus impactos no retorno econômico e também uma consideração cuidadosa da interação entre os diferentes componentes do sistema (Bhagwat e Willis, 2008; Gonçalves, Schlindwein e Silva, 2024). A utilização de ferramentas de análise econômica, tais como a análise de sensibilidade permite avaliar os fatores decisivos para a viabilidade do projeto de maneira integrada, identificando aqueles mais vulneráveis às variações em fatores econômicos, como preços de insumos e produtos, produtividade e custos de produção. O entendimento e análise conjunta de como estes fatores afetam a rentabilidade e a sustentabilidade dos SAFs é essencial para fornecer informações precisas e relevantes que possam apoiar agricultores, investidores e formuladores de políticas na tomada de decisões coerentes e estratégicas (Lehmann et al., 2020; Pannell, 1997).

A partir do entendimento dos fatores que afetam a rentabilidade no SAFs a tomada de decisão a respeito da escolha das espécies, seu arranjo espacial e o momento da adoção e implantação do sistema se torna mais eficiente pois os riscos e incertezas inerentes passam a ser melhor visualizados podendo ser evitados, mitigados ou transferidos, especialmente em regiões com maior variabilidade climática e econômica (Barlagne et al., 2023). Desta forma é estratégico identificar e compreender a realidade local em conjunto com os fatores de risco que poderão impactar no desempenho econômico e consequentemente na adoção dos SAFs (Gonçalves, Schlindwein e Silva, 2024; Masure et al., 2023; Pannell et al., 2012).

Para que os riscos identificados na etapa de escolha do projeto possam ser acompanhados e minimizados, é fundamental a utilização de indicadores de

monitoramento que permitam medir e analisar de forma conjunta as variáveis que afetam a sustentabilidade ao longo do projeto. Neste sentido, a utilização de indicadores de sustentabilidade permite obter informações valiosas sobre como esses sistemas interagem com o ambiente e como podem ser otimizados para maximizar os benefícios econômicos, ambientais e sociais associados aos SAFs (Gomes et al., 2024; Nunes et al., 2022; Woittiez et al., 2017).

Neste sentido, para auxiliar no alcance dos objetivos do projeto podem ser utilizadas ferramentas que permitam o desenvolvimento de modelos que integrem as dimensões ecológicas, econômicas e sociais para aumentar a sustentabilidade e a resiliência do sistema produtivo tais como a modelagem e prototipagem de sistemas agroflorestais (Yadav et al., 2024; Le Gal et al., 2011). Estas duas ferramentas desempenham papéis distintos, mas complementares, no desenvolvimento e compreensão desses sistemas. A prototipagem envolve a criação de sistemas de apoio à decisão (DSS) que integram vários critérios ecológicos e sociais e enfatizando o envolvimento das partes interessadas incluindo agricultores, pesquisadores e serviços de extensão, promovendo a troca de conhecimento e garantindo que os sistemas desenvolvidos atendam às necessidades e preferências locais (Rival et al., 2025). Em contraste, a modelagem se concentra na simulação das interações dinâmicas entre os componentes destes sistemas fornecendo uma representação espacial e explícita dos processos de competição e facilitação (Dupraz et al., 2019).

Diante do exposto, o objetivo geral dessa tese foi propor diferentes arranjos de SAFs com Palma-de-óleo no estado do Pará, de forma a compor um experimento de campo com ciclo produtivo de 25 anos e reforma do sistema ao final do horizonte de planejamento. De maneira específica, objetivou-se por meio do uso da metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D), propor desenhos de arranjos SAFs e por meio da utilização de análise de sensibilidade, avaliar a influência dos custos de produção, receitas e variáveis operacionais na viabilidade destes arranjos de forma a nortear a implantação daqueles com menor risco associado, adicionalmente, objetivou-se propor indicadores de monitoramento para acompanhar o desempenho do meio biofísico e econômico dos arranjos. Para tanto foram propostas e avaliadas ferramentas de análise diagnóstica para escolha das espécies, arranjos e ferramentas de monitoramento do desempenho econômico, ambiental e agrônomo dos SAFs escolhidos para implantação.

REFERÊNCIAS

BARLAGNE, C.; BÉZARD, M.; DRILLET, E.; LARADE, A.; DIMAN, J. L.; ALEXANDRE, G.; VINGLASSALON, A.; NIJNIK, M. Stakeholders' engagement platform to identify sustainable pathways for the development of multi-functional agroforestry in Guadeloupe, French West Indies. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 3, p. 463–479, 1 mar. 2023.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K. J. Agroforestry as a Solution to the Oil-Palm Debate. **Conservation Biology**, v. 22, n. 6, p. 1368–1369, 1 dez. 2008.

BOAFO, D. K.; KRAISORNPORNSON, B.; PANPHON, S.; OWUSU, B. E.; AMANIAMPONG, P. N. Effect of organic soil amendments on soil quality in oil palm production. **Applied Soil Ecology**, v. 147, p. 103358, 1 mar. 2020.

BRAGA, D. P. P.; MICCOLIS, A.; RAMOS, H. M. N.; CUNHA, L. F.; SOUSA, L. V. F. DE; MARQUES, H. R. Implications of smallholder livelihoods for scaling oil palm agroforestry in Brazilian Eastern Amazon. **World Development Sustainability**, v. 4, p. 100128, 1 jun. 2024.

BRASIL. Plano ABC+ tem metas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa na agropecuária — Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/10/plano-abc-tem-metas-para-reduzir-a-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-na-agropecuaria>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

_____. Com tecnologias de produção sustentável, Plano ABC+ pretende reduzir emissão de carbono em mais de 1 bilhão de toneladas — Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-tecnologias-de-producao-sustentavel-plano-abc-pretende-reduzir-emissao-de-carbono-em-mais-de-1-bilhao-de-toneladas>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

CARVALHO, W. R. DE; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CAPELA, C. J. B.; CASTELLANI, D. C. Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 357–368, 25 mar. 2014.

CÓRDOBA, D.; JUEN, L.; SELFA, T.; PEREDO, A. M.; MONTAG, L. F. DE A.; SOMBRA, D.; SANTOS, M. P. D. Understanding local perceptions of the impacts of large-scale oil palm plantations on ecosystem services in the Brazilian Amazon. **Forest Policy and Economics**, v. 109, p. 102007, 1 dez. 2019.

CORLEY, R. H. V. .; TINKER, P. B. . The oil palm. 2016.

DUPRAZ, C. *et al.* Hi-sAFé: A 3D Agroforestry Model for Integrating Dynamic Tree–Crop Interactions. **Sustainability**, v. 11, n. 8, p. 2293, 16 abr. 2019.

FRIANTO, D. *et al.* Carbon stock dynamics of forest to oil palm plantation conversion for ecosystem rehabilitation planning. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 10, n. 4, p. 1593–1614, 2024.

FURCAL-BERIGUETE, P.; ROBLES-ARGÜELLO, Z.; SALAZAR-DÍAZ, R. Evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestal con Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Revista Tecnología en Marcha**, v. 36, n. 2, p. Pág. 20-31, 6 mar. 2023.

GAL, P.-Y. LE; DUGUÉ, P.; FAURE, G.; NOVAK, S. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 9, p. 714–728, nov. 2011.

GOMES, M. F.; OLIVEIRA, R. L. L. DE; COSTA, L. R. DE J.; CAMPOS, W. V. DA S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C.; VASCONCELOS, S. S. Soil health indicators in oil palm agroforestry systems in the eastern Amazon, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 37, p. e00806, 1 jun. 2024.

GONÇALVES, C. DE B. Q.; SCHLINDWEIN, M. M.; SILVA, M. C. DA. Economic viability of an agroforestry system for indigenous communities in Brazil: a differentiated approach to risk reduction. **Agroforestry Systems**, 1 ago. 2024.

HARTEMINK, A. E. Nutrient Stocks, Nutrient Cycling, and Soil Changes in Cocoa Ecosystems: A Review. **Advances in Agronomy**, v. 86, p. 227–253, 1 jan. 2005.

JESUS COSTA, L. R. DE; MATOS, G. S. B. DE; GOMES, M. F.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C.; GUEDES, R. S.; VASCONCELOS, S. S. Soil fertility in oil palm agroforestry systems in the Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 5, p. 865–881, 1 jun. 2023.

KHASANAH, N.; NOORDWIJK, M. VAN; SLINGERLAND, M.; SOFIYUDIN, M.; STOMPH, D.; MIGEON, A. F.; HAIRIAH, K. Oil Palm Agroforestry Can Achieve Economic and Environmental Gains as Indicated by Multifunctional Land Equivalent Ratios. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, p. 479148, 21 jan. 2020.

LEHMANN, L. M.; SMITH, J.; WESTAWAY, S.; PISANELLI, A.; RUSSO, G.; BOREK, R.; SANDOR, M.; GLIGA, A.; SMITH, L.; GHALEY, B. B. Productivity and economic evaluation of agroforestry systems for sustainable production of food and non-food products. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 13, 1 jul. 2020.

MAIA, R. DA S. Implementação de Sistemas Agroflorestais como estratégia sustentável para melhorar a disponibilidade de fósforo no cultivo de Palma-de-óleo na Amazônia. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 4, p. 1–9, 11 set. 2023.

MARDEGAN, S. F.; CASTRO, A. F. DE; CHAVES, S. S. N. F.; SANTOS FREITAS, R. S. DOS; AVELAR, M. S.; FILHO, F. A. O. T. Organic farming enhances soil

carbon and nitrogen dynamics in oil palm crops from Southeast Amazon. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 68, n. 1, p. 104–113, 2 jan. 2022.

MASURE, A.; MARTIN, P.; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. Promoting oil palm-based agroforestry systems: an asset for the sustainability of the sector. **Cahiers Agricultures**, v. 32, 2023.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. An introduction to agroforestry: Four decades of scientific developments. **An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments**, p. 1–666, 12 jan. 2022.

NUNES S.; ALMADA H. K.; MARTINS G. C.; RAMOS S.; RIBEIRO P. G.; SILVA JUNIOR E. C.; CHAGAS D.; CAVALCANTE R. B. L.; MARTINS H.; FRANCISCO R. **Análise do índice de performance agroflorestal em SAFs da região de Carajás, Pará - 2022**. Belém: [s.n.].

PANNELL, D. J. Sensitivity analysis of normative economic models: theoretical framework and practical strategies. **Agricultural Economics**, v. 16, n. 2, p. 139–152, 1 maio 1997.

PANNELL, D. J.; ROBERTS, A. M.; PARK, G.; ALEXANDER, J.; CURATOLO, A.; MARSH, S. P. Integrated assessment of public investment in land-use change to protect environmental assets in Australia. **Land Use Policy**, v. 29, n. 2, p. 377–387, abr. 2012.

RIVAL, A.; ANCRENAZ, M.; GUIZOL, P.; LACKMAN, I.; BURHAN, S.; ZEMP, C.; SULAIMAN, M. F.; DJAMA, M. Innovative planting designs for oil palm-based agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 99, n. 1, p. 27, 15 jan. 2025.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 395–405, 2013.

SCHROTH, G.; MOTA, M. DO S. S. DA; HILLS, T.; SOTO-PINTO, L.; WIJAYANTO, I.; ARIEF, C. W.; ZEPEDA, Y. Linking Carbon, Biodiversity and Livelihoods Near Forest Margins: The Role of Agroforestry. p. 179–200, 2011.

WOITTIEZ, L. S.; WIJK, M. T. VAN; SLINGERLAND, M.; NOORDWIJK, M. VAN; GILLER, K. E. Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. **European Journal of Agronomy**, v. 83, p. 57–77, 1 fev. 2017.

YADAV, N.; RAKHOLIA, S.; YOSEF, R. A Prototype Decision Support System for Tree Selection and Plantation with a Focus on Agroforestry and Ecosystem Services. **Forests**, v. 15, n. 7, p. 1219, 14 jul. 2024.

CAPÍTULO 1: Diagnóstico participativo para proposição de arranjos de sistemas agroflorestais com Palma-de-Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.)

RESUMO:

Os objetivos do presente estudo foram avaliar a Metodologia diagnóstico e desenho (D&D) na sistematização e proposição de arranjos experimentais de SAFs com Palma-de-óleo no estado do Pará utilizando identificação, organização e sistematização de informações no ambiente empresarial. A metodologia D&D alinhou expectativas entre as partes interessadas e serviu para adaptar os SAFs às exigências mercadológicas e operacionais específicas do manejo orgânico. A coleta de dados foi realizada ao longo de 6 meses, utilizando uma combinação de técnicas qualitativas e quantitativas. As análises foram divididas em 4 etapas: Pré-diagnóstico, Diagnóstico de mercado e operacional, Análise dos diagnósticos e Desenvolvimento dos arranjos, sendo utilizadas as ferramentas reunião, revisão de literatura, banco de dados e análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) para obter a interseção de ideias entre os pesquisadores da UFV (equipe UFV) e o corpo técnico da Empresa (equipe Agropalma). O diagnóstico inicial indicou fatores técnicos e socioeconômicos relacionados às espécies e ao local, por meio de uma análise mercadológica de longo prazo a partir de dados da literatura. A metodologia utilizada compreendeu reuniões entre as equipes para organizar informações e definir premissas no desenho dos arranjos experimentais. Análises de mercado, diagnósticos operacionais e sessões de sistematização identificaram espécies promissoras em termos de viabilidade ecológica e potencial de mercado. A matriz de sistematização foi útil na organização das questões técnicas e de mercado, facilitando a tomada de decisões, e, após análise de critérios como adaptabilidade edafoclimática, custo de manejo e valor agregado dos produtos, foram selecionadas 11 espécies para os arranjos. Foi escolhida em conjunto para estes arranjos uma configuração em faixas, garantindo a necessidade de luz solar da Palma-de-óleo e a possibilidade de inclusão de espécies diversificadas como cacau, castanha-do-pará, andiroba e eucalipto. A análise SWOT mostrou que: o uso de espécies complementares pode favorecer tanto a produtividade quanto a sustentabilidade; a escolha do eucalipto pode reduzir custos internos com estacas para mudas; o cacau e o cupuaçu ampliam fontes de renda e

atendem a mercados externos valorizados. A discussão entre as equipes foi importante para clarificar a necessidade de reduzir a dependência de mão de obra intensiva no manejo, um dos maiores custos na produção orgânica de Palma-de-óleo, propondo a mecanização de etapas como a quebra e a despolpa de frutos de cacau e cupuaçu, para diluir estes custos nos SAFs a serem implantados. Conclui-se que o D&D serviu como uma base sólida para planejar e adaptar arranjos para experimentação de SAFs em larga escala, atendendo a padrões de certificação orgânica e exigências mercadológicas. A metodologia se mostra eficaz para gerar um modelo de SAFs que concilia a produtividade da palma-de-óleo com a diversificação produtiva e práticas sustentáveis. Os arranjos experimentais definidos a partir deste trabalho, buscaram incorporar a sustentabilidade e a competitividade do cultivo orgânico de Palma-de-óleo, com 9 arranjos experimentais finais que permitirão investigar o uso de recursos e fornecer informações para subsidiar a utilização de práticas agrícolas voltadas à bioeconomia e à sustentabilidade.

Palavras-chave: Diagnóstico e Desenho (D&D). Agrofloresta. Sistematização.

CHAPTER 1: Participatory appraisal for the proposal of agroforestry system arrangements with Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

ABSTRACT:

The objectives of the present study were to evaluate the Diagnosis and Design (D&D) Methodology in the systematization and proposal of experimental agroforestry system (AFS) arrangements with oil palm in the state of Pará, using identification, organization, and systematization of information in a corporate environment. The D&D methodology aligned expectations among stakeholders and served to adapt the AFS to market and operational demands specific to the organic management of Agropalma S/A. Data collection was conducted over six months using a combination of qualitative and quantitative techniques. The analyses were divided into four stages: Pre-diagnosis, Market and Operational Diagnosis, Diagnosis Analysis, and Arrangement Development. Tools such as meetings, literature review, database analysis, and SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) were employed to integrate ideas between UFV researchers (UFV team) and Agropalma S/A's technical staff (Agropalma team). The initial diagnosis identified technical and socioeconomic factors related to the species and the site through a long-term market analysis based on literature data. The methodology included meetings between the UFV and Agropalma teams to organize information and define premises for designing the experimental arrangements. Market analyses, operational diagnoses, and systematization sessions identified promising species in terms of ecological viability and market potential. The systematization matrix was useful for organizing technical and market issues, facilitating decision-making. After analyzing criteria such as edaphoclimatic adaptability, management costs, and product added value, 11 species were selected for the arrangements. A strip configuration was chosen for these arrangements, ensuring oil palm's sunlight requirements while allowing the inclusion of diverse species such as cocoa, Brazil nut, andiroba, and eucalyptus. The SWOT analysis revealed that using complementary species can enhance both productivity and sustainability. The choice of eucalyptus could reduce internal costs with stakes for seedlings, while cocoa and cupuaçu expand income sources and cater to valued export markets. Discussions between teams clarified the need to reduce labor-intensive management, one of the highest costs in organic oil palm production, proposing the mechanization of processes such as breaking and

pulping cocoa and cupuaçu fruits to distribute these costs within the AFS to be implemented. It is concluded that D&D provided a solid foundation for planning and adapting arrangements for large-scale AFS experimentation, meeting organic certification standards and market demands. The methodology proved effective in generating an AFS model that reconciles oil palm productivity with productive diversification and sustainable practices. The experimental arrangements defined in this work aim to incorporate sustainability and competitiveness into organic oil palm cultivation, with nine final experimental arrangements that will enable the investigation of resource use and provide information to support agricultural practices oriented toward bioeconomy and sustainability.

Key-words: Diagnosis and Design (D&D). Agroforestry. Systematization.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de manejo sustentável da terra que integram deliberadamente plantas lenhosas, como árvores e arbustos, com culturas herbáceas e/ou animais em uma mesma unidade de manejo, seja em arranjos espaciais ou em sequência temporal (Lundgren, 1982; Nair, Kumar e Nair, 2022). A criação desse sistema produtivo decorre da preocupação com a gestão sustentável dos recursos naturais (Atangana et al., 2014; Raintree, 1983, 1987). Neste sentido, os SAFs com Palma-de-óleo podem se tornar uma alternativa para promover benefícios econômicos e sociais, especialmente em regiões tropicais como a Amazônia. Esses sistemas oferecem alternativa sustentável ao monocultivo tradicional, diminuindo riscos de danos ambientais e promovendo melhorias econômicas principalmente para pequenos agricultores (Córdoba et al., 2019).

A integração da Palma-de-óleo com outras culturas agrícolas e florestais permite que os produtores gerem múltiplas fontes de renda ao longo do ano, reduzindo a dependência exclusiva de único produto agrícola, elevando a resiliência econômica e tornando produtores menos vulneráveis às flutuações de mercado, principalmente pequenos agricultores. A produção de Palma-de-óleo em SAFs apresenta potencial para expansão da cultura também para escala comercial, onde podem se constituir em estratégias com capacidade para o desenvolvimento das cadeias produtivas locais (Córdoba et al., 2019; Koh e Wilcove, 2008; Sayer et al., 2012).

Qualquer desenvolvimento de SAFs deve ser feito em consonância com necessidades específicas de cada região e das partes interessadas. Desta forma, a proposição de SAFs está relacionada com a premissa da metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D), que conduz ao desenho de tecnologias agroflorestais capazes de promover melhorias reais nos sistemas-alvo, podendo incorporar análises em diferentes escalas, desde o nível familiar até o comunitário e nacional. Embora inicialmente aplicada na formulação e planejamento de projetos agroflorestais, a metodologia é concebida para desempenhar papel contínuo ao longo da vida do sistema após sua implantação. Ela pode ser subdividida em quatro grandes fases principais a saber, diagnóstico, projeto, implementação e avaliação (Raintree, 1987). Essas fases permitem uma abordagem sistemática e adaptativa,

garantindo que as intervenções sejam ajustadas conforme as necessidades e opiniões das partes interessadas.

A fase de diagnóstico é crucial para a descrição e análise dos sistemas de uso da terra pré-existent. Contudo, essa fase enfrenta desafios consideráveis, como a complexidade de integrar diferentes espécies vegetais e/ou animais, o que pode resultar em problemas de manejo se não forem adequadamente abordados (Tranchina et al., 2024). A falta de conhecimento técnico também pode limitar a amplitude do diagnóstico, comprometendo a capacidade de identificar corretamente o papel de cada componente no sistema. Essa limitação pode resultar em planejamento inadequado que, ao não considerar as especificidades locais, pode potencializar impactos negativos, tais como a não adotabilidade pelo público alvo assim como a competição excessiva por recursos entre as espécies (Atangana et al., 2014)

A fase de projeto se concentra no desenvolvimento de tecnologias agroflorestais apropriadas com base no diagnóstico, o que requer um redesenho contínuo, até que se alcance uma configuração que seja localmente validada e apropriada. Este processo é intensivo e depende de feedback iterativo das partes interessadas (Raintree, 1983; Sollen-Norrlin, Ghaley e Rintoul, 2020). Além disso, a necessidade de adaptar o desenho dos SAFs para diferentes configurações institucionais pode ser um desafio, visto que o sucesso desses sistemas depende de planejamento estratégico que considere não apenas as condições ecológicas, mas também os desafios econômicos associados, haja vista o longo período necessário para que os retornos financeiros sejam percebidos (Tranchina et al., 2024)

Na fase de implementação pelo método D&D, a disponibilidade de recursos financeiros é fator chave juntamente com a participação efetiva das partes interessadas e a capacidade de gestão (Raintree, 1983). O sucesso das iniciativas agroflorestais consiste em garantir que os projetos, na fase de implantação, estejam adequados às necessidades das partes interessadas, conforme alinhado na fase de diagnóstico e projeto. Neste sentido, uma abordagem abrangente e projeto coerente podem assegurar a viabilidade a longo prazo dos SAFs, garantindo às partes interessadas os benefícios econômicos e ecológicos. Adicionalmente, é importante destacar que a viabilidade de longo prazo também é beneficiada pela promoção de cadeias de valor e o acesso ao mercado para produtos (Araújo et al., 2020; Tranchina et al., 2024).

Ao considerar os critérios de produtividade, sustentabilidade e adotabilidade na concepção de sistemas agroflorestais, a metodologia D&D se destaca como uma ferramenta essencial. A produtividade visa melhorar a produção sem comprometer os recursos naturais, enquanto a sustentabilidade busca alinhar os objetivos de conservação com as metas produtivas dos agricultores. O critério de adotabilidade garante que as tecnologias e práticas propostas sejam viáveis e acessíveis para as partes interessadas, considerando suas limitações e contexto local (Raintree, 1983, 1987; Souza, et al., 2012).

A flexibilidade e adaptabilidade do método facilitam o engajamento e permite que pesquisadores, agricultores e outras partes interessadas colaborem de forma dinâmica. Essa abordagem participativa não apenas enriquece a discussão do tema, mas também garante que as soluções desenvolvidas sejam aplicáveis e aceitas pelas comunidades envolvidas, promovendo a sustentabilidade e o sucesso dos sistemas agroflorestais. Essa integração do conhecimento existente com abordagens científicas é essencial para o desenvolvimento de intervenções que sejam realmente eficazes e sustentáveis (Gómez et al., 2022).

A proposição bem-sucedida dos SAFs com Palma-de-óleo, depende da participação ativa dos envolvidos e deve ser baseada em metodologias que considerem diagnósticos relacionados não somente a aspectos econômicos, sociais e ambientais, mas também técnicos/operacionais e mercadológicos. Neste sentido, a utilização da metodologia D&D para este fim não apenas facilita a adoção de práticas inovadoras, mas também garante que as soluções propostas sejam viáveis e aceitas pelas partes envolvidas. Dessa forma, sua aplicação pode ser uma ferramenta eficiente para a promoção da sustentabilidade e o sucesso a longo prazo dos SAFs (Araújo et al., 2020; Lemiere et al., 2023).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) para a sistematização da proposição de arranjos experimentais de longo prazo para SAFs com Palma-de-óleo orgânica em escala comercial. De maneira específica, objetivou-se identificar, organizar e sistematizar informações no ambiente empresarial para aprimorar o projeto experimental destes arranjos de forma a nortear a implantação e gerenciamento da pesquisa em campo. A metodologia D&D foi utilizada para alinhar as partes interessadas na definição de objetivos, preparação e organização das informações, bem como nos métodos de análise e síntese de resultados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Os arranjos de SAFs foram desenhados visando pesquisas na empresa Agropalma S/A, em área denominada Departamento III, localizada no município de Tailândia, estado do Pará, Brasil (2° 56' 50" S, 48° 57' 11" W). Nessa área, com total de 3.961,02 ha, as parcelas de cultivo de Palma-de-óleo apresentam, em média, 28 anos de idade e desde 2018 iniciou-se a conversão para o cultivo orgânico. Os arranjos são planejados experimentalmente em 70 hectares sob o regime de manejo orgânico (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região é caracterizada pelo clima tropical úmido (Am), com médias anuais de precipitação de 2.627,29 mm e temperatura de 26,74 °C, conforme monitoramento da empresa entre os anos de 2004 e 2024 (Agropalma S/A, 2024; Noronha, 2015). O local é caracterizado por solos predominantemente argilosos de baixa fertilidade natural, com histórico de produção convencional de Palma-de-óleo anterior à adoção do cultivo orgânico (Miklós, 1998). A vegetação circundante é composta por fragmentos de floresta secundária em diferentes estágios de regeneração, proporcionando um ambiente diversificado em termos de biodiversidade.

2.2. Metodologias utilizadas na coleta de dados

Para o desenvolvimento do projeto, foi formada uma equipe composta por um pesquisador especializado em Agrossilvicultura, um pesquisador especializado em Economia Florestal, um estudante de Doutorado em Ciência Florestal, uma Engenheira Florestal e uma estudante de Graduação em Engenharia Florestal (Equipe UFV). Essa equipe foi responsável por conduzir o processo participativo de levantamento de dados, diagnóstico, e desenvolvimento dos sistemas agroflorestais. Por parte da Agropalma S/A foram consultados profissionais de diversas áreas, incluindo pesquisa em solos e nutrição de plantas, planejamento e controle operacional da área de produção orgânica.

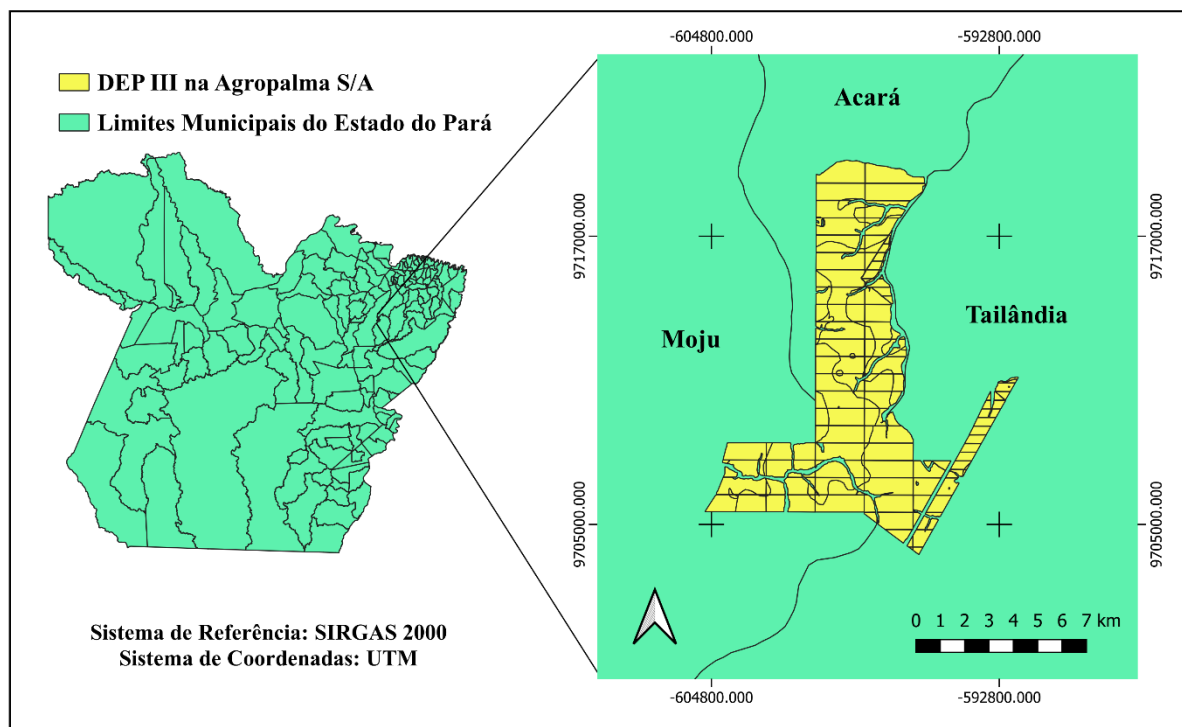


Figura 1 – Localização do Departamento III, onde serão instalados os arranjos experimentais.

Fonte: O Autor.

Para orientar e definir o que seria entregue como resultado, o trabalho foi dividido em atividades relacionadas que juntas formaram macroentregas. Uma macroentrega representa um marco significativo no planejamento e na execução de projetos, sendo subdividida em entregas menores (Etapas), as quais a gestão adequada garante que o projeto permaneça no escopo, dentro do prazo e atenda às expectativas das partes interessadas (PMI, 2021). Ao final, duas macroentregas foram necessárias para obtenção dos resultados esperados (Figura 2).

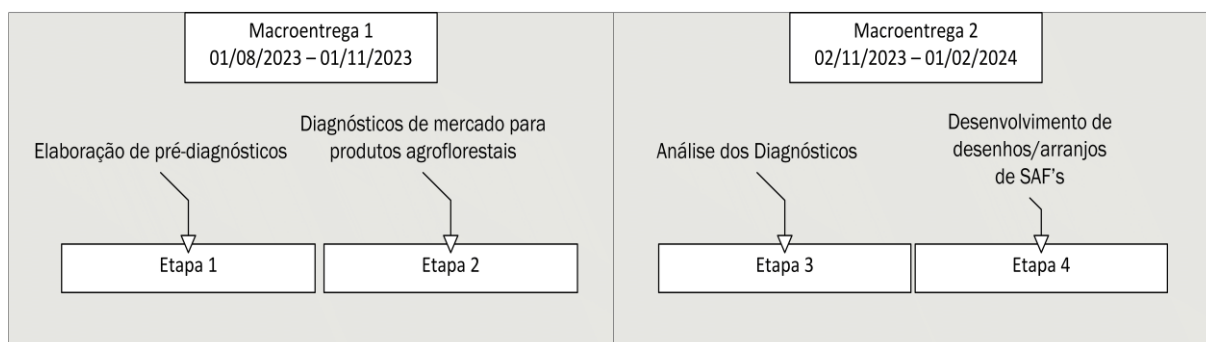


Figura 2 - Plano de trabalho com as etapas previstas visando definição de arranjos experimentais com Palma-de-óleo orgânica.

Fonte: O Autor.

A coleta de dados foi realizada ao longo de 6 meses, utilizando uma combinação de técnicas qualitativas e quantitativas, visando identificar os principais desafios e expectativas em relação à implementação de SAFs pela empresa, assim como direcionar propostas de modelos de sistemas como alternativa para o cultivo de Palma-de-óleo em monocultivo orgânico. As principais ferramentas e técnicas utilizadas são apresentadas na Figura 3.

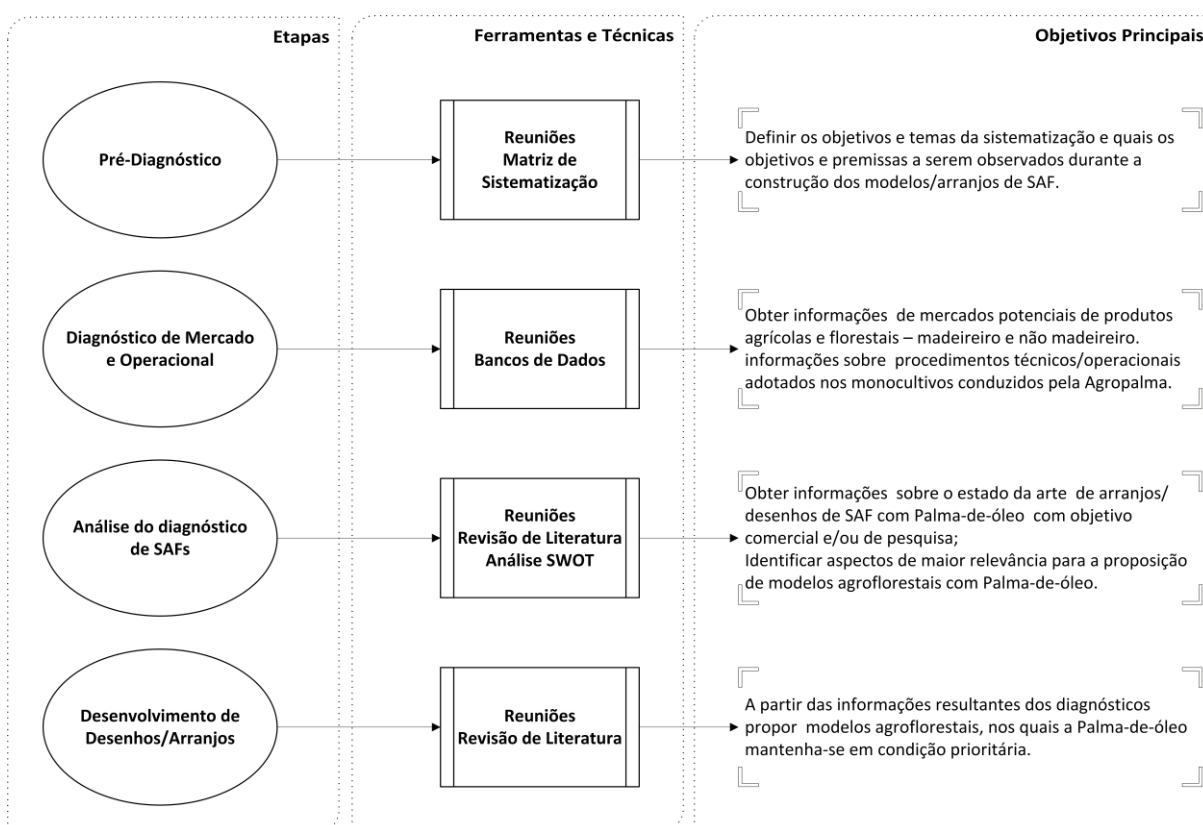


Figura 3 – Principais técnicas e objetivos alcançados em cada etapa da proposição de sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo orgânica no estado do Pará

Fonte: Adaptado de Souza et al., (2012).

2.3. Elaboração de pré-diagnósticos

Durante a Etapa 1 foram realizadas reuniões entre as equipes no intuito de definir pontos de partida para as discussões assim como temas e subtemas para a matriz de sistematização (Tabela 1). A matriz de sistematização pode ser aplicada para organizar informações e facilitar o planejamento em diferentes áreas, sendo neste caso utilizada como guia para a organização de informações relevantes para a

continuidade do trabalho e identificar e clarificar objetivos a serem alcançados (Brinken, Trojahn e Behrendt, 2022; Douthwaite *et al.*, 2003).

Tabela 1 – Matriz utilizada na sistematização de coleta de informações na etapa de pré-diagnóstico para construção de arranjos SAFs no estado do Pará

Subtemas	Temas		
	Seleção de espécies	Desenho e Manejo	Mercado
Aspectos Agronômicos	As espécies a serem utilizadas possuem adaptação edafoclimática à região?	Qual arranjo (faixas, linhas, etc.) e componentes (animal, arbóreo, culturas anuais, etc.) possuem o menor impacto negativo na produtividade da Palma?	Os arranjos propostos permitem a produção conjunta com a Palma no manejo orgânico?
Aspectos Econômicos	Há mercado existente ou potencial para as espécies/produtos escolhidas?	A disposição dos componentes nos arranjos impacta na produtividades da Palma?	Há algum adicional de preço nos produtos orgânicos obtidos com os SAFs?
Aspectos Ambientais	Há impactos negativos das espécies escolhidas na Fauna, Flora, Solo e Água locais?	Os SAFs irão permitir/facilitar a presença de polinizadores próximos à Palma?	Há alguma característica do manejo ou desenho dos arranjos que promova barreiras na comercialização dos produtos?
Questões internas da Empresa	Qual o nível de utilização de mão de obra manual para manejo e produção das espécies escolhidas?	A disposição dos componentes nos arranjos facilita a mecanização da atividades no SAFs?	Há mercado para comercialização dos produtos a serem obtidos com os arranjos propostos?

Fonte: Adaptado de Souza et al., (2012).

A matriz é formada por dois componentes principais, os subtemas nas linhas e os temas nas colunas, os quais dependem dos objetivos a que se destina a sistematização. Para cada célula da matriz foram desenvolvidas perguntas referentes aos temas e subtemas relacionados. A definição destas perguntas foi dinâmica ao longo das reuniões e realizada de forma conjunta entre as duas equipes. As respostas obtidas com cada questão guiaram a busca por informações, assim como a construção das premissas a serem adotadas durante a construção dos arranjos SAFs.

2.4. Diagnóstico de mercado e operacional

As buscas por informações para os preços, diagnósticos de mercado e procedimentos técnicos operacionais foram realizadas a partir de roteiros de busca definidos durante as reuniões entre as equipes, norteadas pela matriz de sistematização. As informações coletadas foram organizadas em banco de dados relacional, permitindo análises detalhadas do histórico de preços para potenciais produtos, sendo que os procedimentos utilizados para escolha de uma espécie em detrimento da outra estão na Figura 4. As informações obtidas nesta fase representam a Etapa 2 na Macroentrega 1.

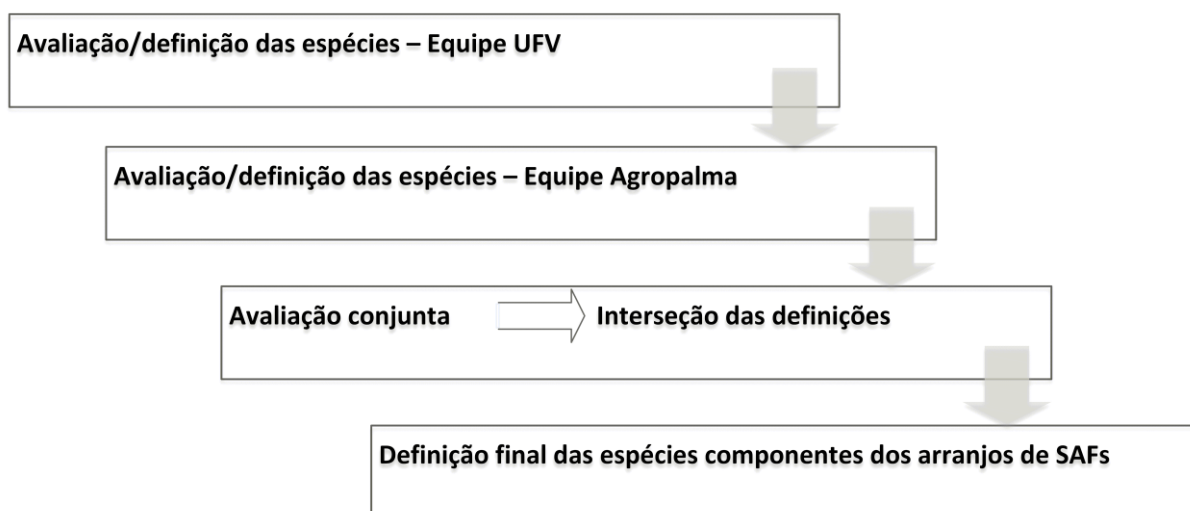


Figura 4 – Etapas para definição das espécies a serem utilizadas nos arranjos e modelos de SAFs.

Fonte: O Autor.

Para a etapa de diagnóstico de mercado foram realizados levantamentos de informações de mercados potenciais de produtos agrícolas e florestais – madeireiro e não madeireiro, que possam estar associados a arranjos agroflorestais com a Palma-de-óleo. Para tanto, foram desenvolvidos roteiros de busca tanto para revisão de literatura científica, visando indicações de espécies com uso potencial em SAFs com Palma-de-óleo; quanto para pesquisas nas bases de dados de instituições/fontes associadas ao setor agrícola e florestal. As pesquisas nesta fase incluíram busca por espécies, aspectos históricos de preços praticados, para

produtos potenciais da matriz agroflorestal local/regional (Agropalma S/A, 2024; Andrade, 2024; CEPEA, 2024; IBGE, 2023a, b; SEFAZ/AM, 2023)

Os procedimentos técnicos/operacionais adotados nos monocultivos conduzidos internamente (plantio, tratos culturais e colheita) foram analisados, com intuito de compreendê-los e considerá-los na proposição dos modelos de sistemas agroflorestais. No contexto de mercado também foram realizadas pesquisas associadas a diretrizes internas e externas de certificação que pudessem ser adotadas no manejo de SAFs com Palma-de-óleo no sistema orgânico.

2.5. Análise dos diagnósticos e proposição dos desenhos e arranjos de SAFs

As informações resultantes dos diagnósticos foram submetidas a análises (SWOT/FOFA – Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), visando aspectos de maior relevância para a proposição de modelos agroflorestais, nos quais a Palma-de-óleo mantenha-se em condição prioritária e representam a Etapa 3 na Macroentrega 2. Neste sentido, para análise do ambiente interno (forças e fraquezas), foram consideradas informações de ordem técnica e operacional relativas à empresa, de forma a subsidiar propostas de arranjos estruturais (espécies, espaçamentos/densidade de plantas, arranjos temporais, entre outras informações), assim como práticas culturais e de manejo, capazes de promover a máxima expectativa associada ao modelo agroflorestal alternativo para a cultura da Palma-de-óleo.

Para análise do ambiente externo (oportunidades e ameaças) foram utilizadas as informações referentes ao mercado dos produtos a serem obtidos com os arranjos estruturais propostos. Desta forma, por meio da análise da base de dados de preços e condições de mercado, assim como restrições relacionadas a certificação para cultivo da Palma-de-óleo no manejo orgânico, foi possível identificar aspectos positivos e negativos com potencial de impactar a vantagem competitiva a ser obtidas com a implementação destes arranjos.

Para a definição do(s) modelo(s) de sistemas agroflorestais foi contemplada a proposição do conceito de práticas agroflorestais, conforme discutido por Nair, Kumar e Nair (2022), que considera sobre as possibilidades de diferentes arranjos de componentes (florestal, agrícola e/ou animal) no espaço e no tempo. De acordo com estes autores, no decorrer de décadas, aproximadamente 20 práticas

agroflorestais foram registradas, em diferentes regiões do mundo. Apresentando diferentes características, assim como fisionomias, estas práticas compõem os sistemas, em locais específicos, caracterizados pelos ambientes, espécies de plantas e seus arranjos, manejos e funções socioeconômicas. Esta fase do trabalho representa a Etapa 4 na Macroentrega 2. A proposta de diagnóstico para desenho de sistemas agroflorestais utilizada, é apresentada na Figura 4.

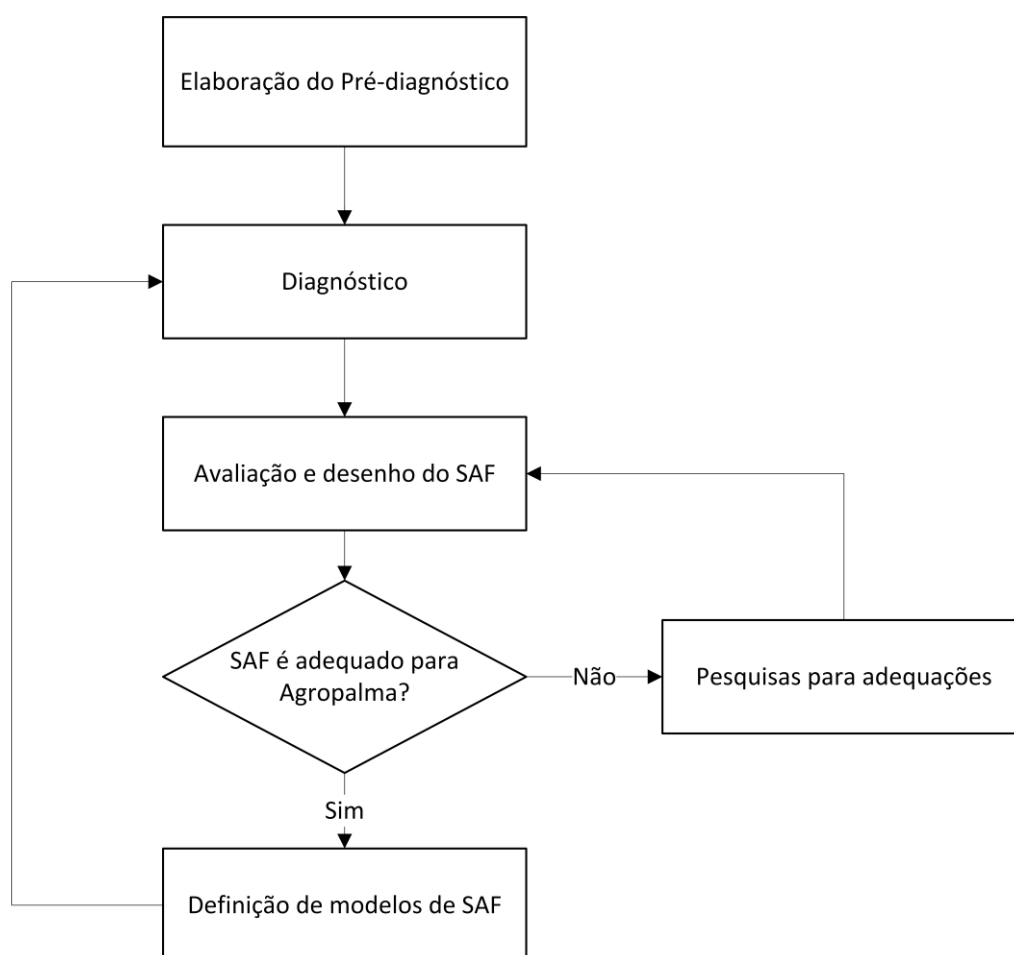


Figura 4 - Fluxograma ilustrativo das atividades interativas da metodologia de diagnóstico e desenho para propostas de sistemas agroflorestais.
Fonte: Adaptado de Raintree (1983).

De acordo com Atangana et al. (2014), este método iterativo é fundamentado na flexibilidade, velocidade e repetibilidade pois permite ajustes quando necessário durante o processo, além de incluir as partes interessadas na construção das informações e tomadas de decisão com foco total na otimização da

proposta. Neste contexto, foram consideradas informações visando modelos de sistemas em escala comercial com objetivo de alinhar os procedimentos técnicos e operacionais praticados internamente com aqueles que serão propostos. As reuniões realizadas permitiram compilar e alinhar expectativas acerca dos modelos de SAFs propostos a partir da utilização das informações obtidas, as quais serviram como material de base para validação e adequação. Este processo iterativo foi repetido até que os modelos propostos atendessem as premissas técnico-operacionais, técnico-científicas e de mercado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Pré-diagnóstico

No contexto deste trabalho, foram realizadas 8 reuniões com total de 12 participantes, incluindo integrantes da Equipe UFV e Agropalma, visando os objetivos das etapas que compõem a Macroentrega 1. Para Bernsen e Dybkjaer (2010), as reuniões impulsionam o processo de sistematização de informações em projetos de desenvolvimento, facilitando discussões estruturadas entre os membros das equipes e das partes interessadas, sendo que neste caso específico, contribuíram no avanço da construção das premissas necessárias e alinhamento das expectativas e ações a serem executadas para obtenção dos modelos e arranjos de SAFs a serem utilizados na experimentação.

A partir das reuniões as duas equipes definiram temas, subtemas e questões guia na coleta de informações as quais foram organizadas na matriz de sistematização (Tabela 1). Neste caso, os temas principais definidos foram a seleção das espécies a serem utilizadas; o desenho e o manejo destas espécies nos arranjos e questões referentes ao mercado das espécies escolhidas e suas associações com a Palma-de-óleo no cultivo orgânico. Como subtemas foram utilizados os aspectos agronômicos, econômicos e ambientais, assim como questões internas da empresa relacionados a cada tema. A construção e utilização de matrizes de sistematização permite engajamento que leva à colaboração entre as partes interessadas, pois facilita a identificação de caminhos e soluções inovadoras, contribuindo para o desenvolvimento de SAFs multifuncionais (Barlagne *et al.*, 2023; Dumont *et al.*, 2019).

Essa sistematização pode otimizar as etapas de implementação de experimentos agroflorestais, explicitando as lições aprendidas e facilitando a interseção de experiências, permitindo que as partes interessadas reflitam e aprendam com o gerenciamento de tais sistemas (Acosta e Corral, 2017; Souza, et al., 2012). Neste sentido, foi possível estabelecer um sistema participativo o qual envolveu as partes interessadas nos processos de tomada de decisão, tendo como resultado a construção colaborativa de modelos conceituais a partir da compreensão compartilhada dos aspectos agronômicos, econômicos e ambientais para proposição de SAFs.

3.2. Diagnósticos de mercado

O levantamento bibliográfico realizado possibilitou identificar 18 artigos a partir de pesquisas realizadas nas bases de dados Web of Science, Scopus, Scielo e Google Acadêmico. Foram identificados nos artigos o total de 28 SAFs distintos com a presença de 217 espécies além da Palma-de-óleo (Anexo A). De acordo com Holliday (2006), toda interpretação baseada na sistematização de uma experiência deve fornecer conclusões teóricas e práticas (Souza et al., 2012). Neste sentido, tendo como guia a matriz de sistematização, foram definidas em conjunto premissas a serem seguidas na definição das espécies a serem utilizadas nos arranjos de SAFs a serem propostos.

Para tal, definiu-se sobre as espécies: 1) não devem prejudicar a produtividade da Palma-de-óleo; 2) devem ser escolhidas de forma a minimizar a utilização de mão de obra manual no manejo; 3) deve ser implementada uma diversidade que permita operacionalidade; 4) o cacau deve estar presente devido ao seu valor como produto orgânico; 5) a puerária deve estar presente devido ao manejo consolidado no cultura da Palma-de-óleo realizado pela empresa; 6) não devem ser utilizadas culturas anuais devido a questões de solo e clima, além da dificuldade de manejo orgânico; 7) não podem servir de hospedeiras de pragas ou doenças para a Palma-de-óleo. As espécies escolhidas assim como o preço dos PFM e PFNM levados em consideração para análise de mercado são apresentados na Tabela 2. Os valores foram atualizados pela variação do Índice de Preços ao Consumidor (IPCA). Desta forma, foi possível simular a correção das receitas utilizando o índice de preço correspondente (IBGE, 2024).

Tabela 2 – Lista com resumo do diagnóstico final das espécies incluindo a média do histórico de preços de seus produtos

<i>Espécies Eliminadas da Lista Final</i>				
Nome Comum	Espécies	Observações ¹	PFNM ² (R\$.kg ⁻¹)	PFM ³ (R\$.m ⁻³ -und.)
Acácia	<i>Acacia mangium</i>	Espécie produtora de biomassa com crescimento rápido; Produção de madeira para estacas; Espécie invasora	-	1,95
Banana	<i>Musa spp.</i>	Sombreamento temporário para o cacau e cupuaçu; Alta susceptibilidade na região para Sigatoka preta e amarela e Mal-do-panamá	1,98	-
Capim-mombaça	<i>Panicum maximum</i>	Forrageira que produz muita biomassa; Alto risco de fogo e competição com a Puerária	-	-
Cedro-brasileiro	<i>Cedrela spp.</i>	Espécie madeireira com produto de alto valor agregado; Susceptível a pragas que inviabilizam produto final com valor agregado	-	399,06
Pimenta-do-reino	<i>Piper spp.</i>	Preferência por solos com boa drenagem; Possível hospedeiro do agente causal da doença do Amarelecimento Fatal na Palma-de-óleo	15,74	-
Ucuúba	<i>Virola surinamensis</i>	Espécie com manejo complexo para produção de PFNM; Preferência por áreas de várzea	-	353,19
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Produto com valor agregado em cultivo orgânico; Dificuldades operacionais de colheita	5,67	-
<i>Espécies selecionadas para composição dos diferentes arranjos de SAFs</i>				
Andiroba	<i>Carapa guineenses</i>	Espécie com função ecológica; PFNM com mercado consolidado na região	7,50	151,63
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Alternativa econômica com valor agregado do produto orgânico e mercado consolidado na região	25,00	-

Continua...

Castanha-do-pará	<i>Bertholletia excelsa</i>	Espécie com função ecológica; PFM com mercado consolidado na região	70,00	151,63
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Alternativa econômica com mercado consolidado na região; Possibilidade de uso da amêndoa na indústria farmacêutica e cosmética	35,00	-
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	Espécie produtora de biomassa com crescimento rápido; Produção para uso interno de estacas sustentação das mudas de Palma-de-óleo	-	1,95
Feijão-guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Espécie produtora de biomassa e fixação de N; Sombreamento temporário para cacau e cupuaçu	-	-
Ipê	<i>Tabebuia spp.</i>	Função ecológica/alternativa econômica com madeira de alto valor	-	4.500,00
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i>	Espécie produtora de biomassa fornecendo sombreamento inicial do cacau e manejo simples	-	-
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i>	Espécie produtora de biomassa e manejo simples	-	-
Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Espécie com função ecológica e alternativa econômica com madeira de alto valor	-	4.000,00
Puerária	<i>Pueraria phaseloides</i>	Espécie produtora de biomassa e fixação de N com manejo consolidado nos plantio da empresa	-	-

Fonte: (Agropalma S/A, 2024; Andrade, 2024; CEPEA, 2024; IBGE, 2023a; b; SEFAZ/AM, 2023)

¹ Principais observações pautadas em reunião sobre as espécies e seu uso na proposta de SAFs em questão.

^{2, 3} Preço Médio entre os anos de 2016 e 2023 para os PFM (R\$.kg⁻¹) e PFM (R\$.m⁻³) ou por unidade (und.) ajustados pelo IPCA.

Especificamente sobre a análise de mercado, as buscas de informações nas bases de dados ligadas ao setor e na literatura mostraram cenário de crescimento para produtos orgânicos impulsionado pela valorização de práticas sustentáveis e de bioeconomia, principalmente no Brasil, conforme apontado por Moreno e Almeida (2023). De acordo com Brasil (2018), nos últimos anos, o mercado de amêndoas de cacau orgânico tem demonstrado crescimento relevante, especialmente nos setores de confeitaria e alimentos processados e deve atingir valor estimado de US\$ 24,2 bilhões até 2032, representando crescimento na ordem de 5,7% ao ano (Future Market Insights, 2023). Os principais consumidores estão na Europa e nos Estados Unidos, que lideram a demanda por esses produtos. A produção orgânica no Brasil, embora ainda represente pequena parcela do mercado global, tem buscado promover práticas para alavancar a competitividade das cadeias produtivas, como apontado por Trindade, Marcovitch e Pereira (2021), em estudo sobre a bioeconomia no setor agroindustrial do cacau, Ministério da Indústria (2023) na divulgação de dados do setor.

Em relação à amêndoa de cupuaçu, sua procura está diretamente relacionada ao uso na indústria alimentícia e cosmética, devido às suas propriedades antioxidantes e nutritivas (Silva e Pierre, 2021). Embora o mercado do cupuaçu seja menor em comparação ao cacau, sua valorização tem crescido no segmento de produtos naturais e orgânicos (Socha e Pinheiro, 2015). Especificamente para o mercado nacional, para Moreno e Almeida (2023), tem sido percebido notável aumento nas oportunidades de produção e exportação para produtos orgânicos, sugerindo perspectiva positiva para o cupuaçu como parte dessa tendência.

O mercado para andiroba é restrito com aplicação predominante na indústria cosmética e farmacêutica, onde o óleo extraído das amêndoas é valorizado por suas propriedades medicinais (Barbosa Júnior *et al.*, 2024; Machado e Mendes, 2021). A cadeia de comercialização envolve vários atores, desde extratores locais até comerciantes internacionais, sendo que a demanda por produtos naturais e sustentáveis está impulsionando o crescimento do mercado para este óleo, com o Brasil sendo um importante participante em pedidos de patentes relacionados a seus usos (Amaral e Fierro, 2013). O óleo de andiroba é um PFNM com significativa demanda local, nacional e internacional, no entanto, a dinâmica do mercado é complexa, com os preços afetados por uma variedade de fatores, incluindo métodos

de produção, demanda do mercado e desafios logísticos (Ferreira e Costa, 2023; Silva *et al.*, 2010).

A Castanha-da-Amazônia (Castanha-do-Pará ou Castanha-do-Brasil) é amplamente demandada nos mercados de alimentos saudáveis, especialmente na Europa e nos EUA, sendo valorizada tanto por suas qualidades nutricionais quanto pela produção sustentável (Danielski, Polmann e Block, 2021). Neste sentido, o mercado tem mostrado tendência ascendente, com crescimento na oferta atribuído a políticas governamentais eficazes de incentivo que impulsionaram a produção e a disponibilização do produto (Schirigatti *et al.*, 2016). Há para os produtos “com casca” e “sem casca” uma variação sazonal evidente dos preços, embora nozes “com casca” exibam ciclos de longo prazo em comparação com os ciclos anuais de curto prazo de nozes “sem casca” (Rêgo *et al.*, 2021; Santana *et al.*, 2018). Esta volatilidade dos preços pode representar riscos tanto para extrativistas quanto para produtores e investidores, entretanto este mercado oferece baixa relação risco-retorno, o que o torna uma oportunidade de investimento atraente (Rêgo *et al.*, 2021).

O mercado orgânico, em geral, tem apresentado aumento substancial na demanda, impulsionado pelas preferências dos consumidores por produtos mais saudáveis e ecologicamente corretos, embora essa demanda seja frequentemente atendida com preços mais altos em comparação aos produtos convencionais (Farias, Soares e Sousa, 2022; Rosa *et al.*, 2024). Esse prêmio de preço para produtos orgânicos, se deve em parte aos custos associados à certificação orgânica e à escala limitada de produção, que contrasta com as práticas agrícolas convencionais (Tavares *et al.*, 2021). Os diagnósticos junto às instituições certificadoras, indicaram que a empresa detém certificações que asseguram o cumprimento de sua produção de óleo de palma orgânico, sendo que a empresa detém as certificações da USDA NOP (*National Organic Program*), Orgânico BR e GB/T China (Agropalma S/A, 2024).

A USDA NOP exigida pelo mercado norte-americano, proíbe o uso de pesticidas sintéticos e organismos geneticamente modificados (OGM). Além disso, essa certificação requer a manutenção de práticas de manejo sustentáveis, como o controle biológico de pragas e a utilização de adubos orgânicos. Outro ponto importante é o controle de plantas daninhas, que deve ser feito sem o uso de

herbicidas sintéticos, incentivando o uso de práticas manuais e mecânicas (USDA, 2024).

A certificação Orgânico Brasil, voltada ao mercado brasileiro, exige que produtores e empresas sigam uma série de normas voltadas à sustentabilidade, integridade ambiental e boas práticas sociais. Para manter a certificação, os envolvidos devem garantir a utilização de insumos permitidos, evitando agrotóxicos, fertilizantes sintéticos e organismos geneticamente modificados (OGMs). Produtores precisam do Certificado de Produtor Orgânico, obtido por auditorias do Ministério da Agricultura ou pelo Sistema Participativo de Garantia sendo que agricultores familiares em organizações de controle social cadastradas no MAPA estão dispensados ao venderem diretamente aos consumidores (Instituto Biodinâmico - IBD, 2019)

A certificação GB/T da China é orientada pela aplicação das normas estabelecidas pelo governo chinês focadas na sustentabilidade e na proteção ambiental. Para obter e manter essa certificação, os produtores devem seguir normas rigorosas que incluem a proibição do uso de insumos sintéticos, como pesticidas, fertilizantes químicos e organismos geneticamente modificados (OGMs). A rastreabilidade é outro fator crucial, exigindo registros detalhados de todas as etapas da produção e questões trabalhistas. A conformidade com esses padrões também é verificada por auditorias regulares (SRS Certification GmbH, 2019).

Manter as certificações, e consequentemente o acesso ao mercado orgânico para os produtos a serem obtidos com os arranjos a serem propostos, exige que seja tecnicamente possível a continuidade do cumprimento das exigências impostas pela certificadora também nos novos sistemas. Desta forma, compreender a dinâmica operacional utilizada, a sua inter-relação com as espécies a serem utilizadas em conjunto com a Palma-de-óleo e assegurar que os novos sistemas possam ser implementados a partir desta estrutura já consolidada foi o principal resultado desta etapa.

3.3. Diagnóstico operacional

A análise dos procedimentos técnicos/operacionais e dos custos associados a cada uma das atividades operacionais indicaram que as atividades de colheita representam expressiva parcela do custo total (40,75%) (Figura 5a). Estas

atividades englobam os procedimentos responsáveis por disponibilizar o cacho de fruto fresco (CFF) na borda da parcela para transporte até a indústria. Os custos totais com mão de obra representam 35,53% do custo total (Figura 5b). Para as atividades de colheita exclusivamente manuais (corte de cacho e coleta de fruto solto), verificou-se que representam 29,72% do custo total do monocultivo, contribuindo para o impacto das atividades manuais no custo total.

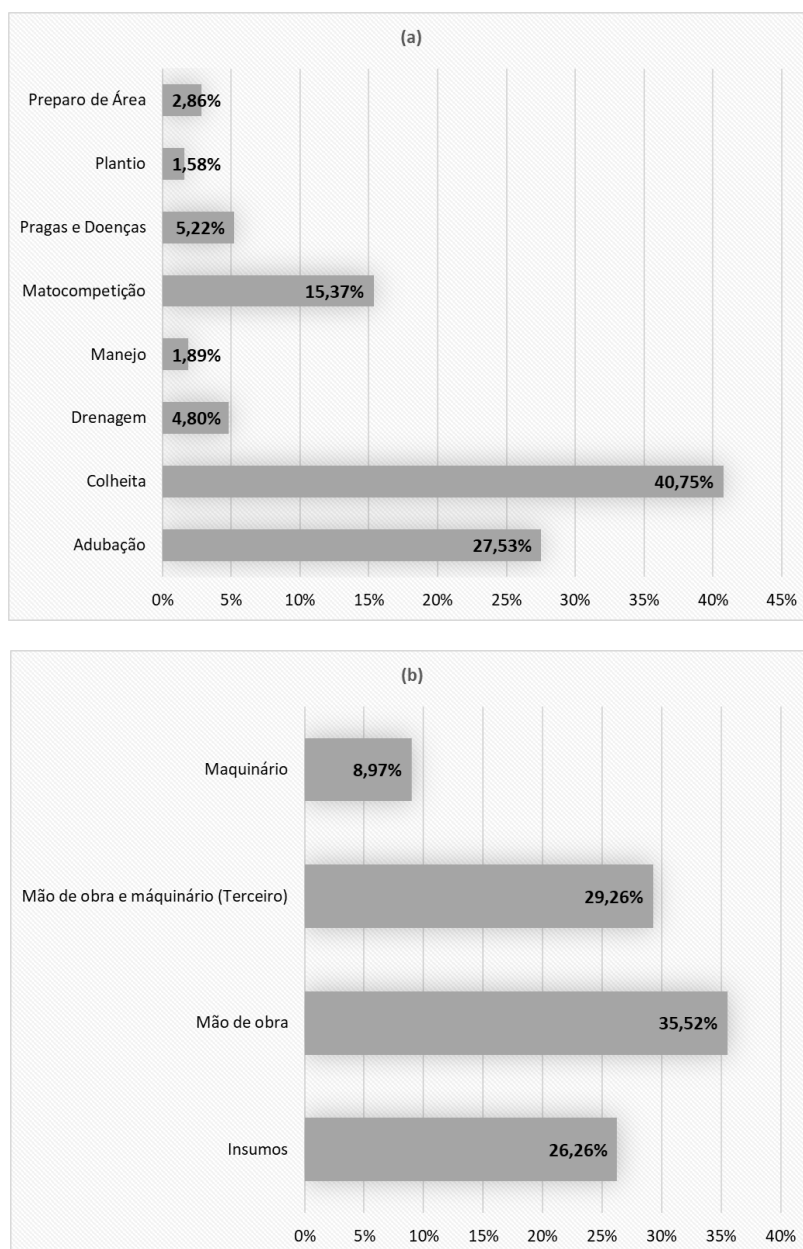


Figura 5 – Distribuição percentual dos custos na produção de Palma-de-óleo orgânica considerando horizonte de planejamento de 25 anos estratificados por: (a) etapas do processo produtivo; (b) componentes de custo.

Fonte: O Autor.

A utilização e custo de mão de obra elevados são características de SAFs conforme verificado por Wenzel et al. (2024), que identificam a mão de obra como elemento de custo significativo em SAFs orgânicos com Palma-de-óleo. Alves et al. (2015) também observaram elevados custos de mão de obra ao avaliar várias configurações de Palma-de-óleo em SAFs no estado de Roraima. Desta forma, após a análise de variáveis como adaptação edafoclimática à região, interesse e expertise internas no produto e aspectos mercadológicos associados a demanda futura dos potenciais produtos, foi realizada esta avaliação conjunta de elementos de custo e exigências internas e externas associadas ao manejo orgânico.

Estes foram os balizadores no processo final de escolha das espécies, pois a ponderação entre possibilidade de ganho futuro, necessidade de mão de obra para produzir e atendimento de exigências de entidades certificadoras foi necessária para indicar o que poderia ser produzido tendo em vista que os custos de mão de obra, significativos nos monocultivos de Palma-de-óleo, não poderia ser fator limitante nos plantios SAFs.

Novamente, reuniões e discussões norteadas pela sistematização para alinhamento de expectativas, permitiram engajamento estruturado das partes interessadas na escolha das espécies. Resultados semelhantes, utilizando ferramentas de sistematização, foram obtidos por Dumont et al. (2019), que ao explorarem o envolvimento das partes interessadas na concepção de intervenções agroflorestais, conseguiram identificar mais de 70 espécies de árvores adequadas para vários nichos, promovendo a inclusão e a diversidade nas opções agroflorestais.

Adicionalmente, aspectos técnicos, científicos, operacionais (possibilidade de manejo orgânico; necessidade de mão de obra manual; desafios na colheita) e de mercados foram discutidos ao longo das reuniões e levados em consideração na escolha definitiva. Esta etapa, em conjunto com as premissas geradas, reduziu a quantidade de espécies para 18, facilitando a interseção das definições de cada equipe para a escolha final das espécies. A definição final elegeu 11 espécies a partir das quais foram elaborados os arranjos/desenhos de SAFs (Tabela 2).

3.4. Análise dos diagnósticos

A análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) realizada revelou fatores estratégicos que orientam tanto os desafios quanto as oportunidades no desenvolvimento e implementação de arranjos SAFs integrando a produção orgânica de Palma-de-óleo, revelando cenário que indica crescimento, mas que também demanda atenção especial a questões de custo, logística e adequação aos padrões de certificação para assegurar o sucesso a longo prazo dos SAFs (Figura 6).

De acordo com Joia et al. (2013), o exame da combinação dos elementos da análise SWOT serve como ferramenta de análise de cenários e definição de estratégias, fornecendo pontos de alavanca (força vs. oportunidade), restrições (fraquezas vs. oportunidade), problemas (fraquezas vs. ameaça) e necessidades de defesa (forças vs. ameaça). Neste sentido, a relação existente entre as Forças vs. Fraquezas demonstrou a necessidade de equilíbrio entre diversidade e eficiência, uma vez que a diversidade de espécies identificadas na pesquisa representa ponto positivo. No entanto, a inclusão de cada espécie no arranjo foi cuidadosamente planejada para que não houvesse impacto negativo na produtividade da Palma-de-óleo, que é a cultura alvo dos sistemas propostos.

Sob a ótica desta relação, os arranjos SAFs propostos priorizaram a escolha de espécies ecologicamente compatíveis e que não sobrecarregassem o sistema com demandas excessivas de mão de obra ou insumos. Espécies como o cacau, com alto valor no mercado orgânico, e a puerária, já integrada ao manejo da palma-de-óleo, foram considerados escolhas estratégicas, mas desde que combinadas com outras que minimizem o custo operacional, especialmente na colheita, como é o caso também da andiroba, castanha e eucalipto.

A necessidade de mão de obra e o custo de mão de obra representam desafios, como demonstrado na análise cruzada das Fraquezas vs. Ameaças (Figura 6). Neste sentido, os custos identificados para mão de obra, com valores na ordem de 40% do custo total nas atividades de colheita, representam gargalo significativo para a viabilidade dos SAFs em larga escala. Adicionalmente, a necessidade de cumprir os padrões exigidos pelas certificações orgânicas, que demandam práticas que evitam ou reduzem o uso de insumos químicos e sintéticos aumentaram a complexidade deste cenário.

Forças	- Diversificação econômica com espécies de alto valor agregado (Cacau, Castanha-do-Brasil, Cupuaçu, Palma-de-óleo). - Função ecológica relevante com espécies como Andiroba e Castanha-do-Brasil. - Biomassa e fixação de nitrogênio com Feijão-Guandu, Puerária e Milheto, melhorando a fertilidade do solo. - Eucalipto para uso interno (estacas), reduzindo custos.	Fraquezas	- Incertezas sobre a demanda de mão de obra, que podem elevar custos e dificultar a operação. - Necessidade de certificação rigorosa para o mercado orgânico, com controle complexo. - Competição por luz e nutrientes entre espécies, afetando o crescimento e produção. - Volatilidade de preços para do Castanha-do-Brasil e Cacau, impactando a rentabilidade.
Oportunidades	- Crescimento do mercado de produtos orgânicos, aumentando potencial de exportação. - Nichos de mercado para cosméticos e farmacêuticos com andiroba e cupuaçu. - Incentivos à bioeconomia e SAF. - Relações ecológicas e agronômicas entre espécies podem promover a redução de insumos externos. - Mercado de sistemas biodiversos.	Ameaças	- Riscos de pragas e doenças que podem afetar espécies e a Palma-de-óleo. - Mudanças climáticas que podem impactar a adaptação e produtividade. - Exigências rigorosas de certificação para exportação, aumentando complexidade. - Dependência do mercado, sujeitando-se à volatilidade de preços e demanda. - Custo de atividades operacionais.

Figura 6 – Representação da análise SWOT dos arranjos propostos para os SAFs.

Fonte: O Autor

Para minimizar os problemas decorrentes destas relações, foi definido que as propostas de SAFs precisariam incorporar soluções para reduzir a dependência de mão de obra intensiva. Neste caso, foram discutidas internamente e apresentadas possibilidades relacionadas com a mecanização do processo de quebra e despolpa do cacau e cupuaçu após a colheita. Foi demonstrado que a mecanização das etapas de quebra e despolpa de cacau reduzem significativamente a necessidade de trabalho manual. Por exemplo, máquinas projetadas com lâminas e sistemas de peneira podem atingir eficiências de 90-98%, com danos mínimos aos grãos, reduzindo assim a mão de obra necessária para a quebra e separação de sementes de cacau (Aliu e Ebunilo, 2011; Amoshie e Beem, 2022). Neste caso, se o fruto não for vendido *in natura* para compradores na região, a mecanização destas etapas é possível de ser executada com prejuízo mínimo para qualidade do produto final (Streule *et al.*, 2024).

A tendência de crescimento da demanda por produtos orgânicos, como o cacau, o cupuaçu, e a andiroba, foram considerados oportunidades para os SAFs propostos, conforme evidenciado pela avaliação dos pontos de alavanca (força vs. oportunidade). A opção por participar deste mercado externo em crescimento foi considerada pois a empresa já possui com certificações importantes que asseguram a possibilidade de acesso, com preços diferenciados, onde a conformidade com os padrões orgânicos estabelecidos é obrigatória para exportação (Antiushko *et al.*, 2022).

Neste sentido, os arranjos SAFs foram propostos para atender a estas demandas por produtos orgânicos específicos, haja vista a utilização de espécies como o cacau e o cupuaçu, que se mostraram estratégicas, com possibilidade de atender a demanda crescente e, também, permitindo a diversificação das fontes de receita, o que ajudaria a mitigar riscos associados à volatilidade do mercado da Palma-de-óleo. Atendendo a requisitos específicos de produção, os produtos certificados alcançam preços melhores, no entanto, existem desafios técnicos e operacionais, como a proibição do uso de insumos sintéticos e a necessidade de práticas não convencionais no controle de pragas e mato competição que podem comprometer a viabilidade no longo prazo destes sistemas (Gikunda e Lawver, 2020). Neste sentido, os arranjos de SAFs foram propostos evitando o uso de espécies, espaçamentos que aumentem os custos de manejo orgânico ou possam servir como hospedeiras de pragas e doenças.

A integração entre as práticas de manejo orgânico do SAFs e as demandas de mercado por diversificação da produção orgânica voltadas à sustentabilidade cria um cenário promissor para o fortalecimento dos arranjos propostos. A inclusão de espécies que fixam nitrogênio, por exemplo, possibilitaram o alinhamento com propostas de incentivos governamentais. Essa relação permite que os arranjos de pesquisa propostos utilizem programas de apoio técnico e financeiro, tais como políticas de incentivo à bioeconomia e às cadeias produtivas sustentáveis favorecendo a competitividade destes arranjos. Para Gallina, Cruz e Matias (2017), essas políticas facilitam a colaboração entre os setores público e privado, reduzindo as barreiras à inovação e promovendo práticas sustentáveis, o que é essencial para o desenvolvimento de novas técnicas de agricultura orgânica e métodos de produção SAFs. Desta forma, a combinação entre práticas internas e oportunidades externas pode favorecer o projeto, promovendo acesso ao mercado e valorização econômica.

3.5. Proposição dos desenhos e arranjos de SAFs

A partir das informações técnica e operacional e análise dos diagnósticos, foram elaboradas propostas de arranjos estruturais de SAFs com Palma-de-óleo na modalidade orgânica com indicações de espécies, espaçamentos/densidade de plantas, arranjos temporais, entre outras informações. Para tal, foram realizadas internamente, entre os membros da equipe UFV, quatro reuniões com o objetivo de realizar adequações aos modelos de SAFs propostos em cada rodada. Além destas, foram necessárias nove reuniões adicionais com o total de 12 participantes entre as equipes para a definição e aceitação dos modelos SAFs sugeridos. Proposto por Raintree (1983), este modelo iterativo enfatiza que reuniões colaborativas com as partes interessadas, para discutir as descobertas das etapas de coleta e análise de dados, são úteis para debater e projetar possíveis tecnologias agroflorestais que atendam às necessidades e restrições identificadas.

As discussões para proposição e aceitação dos arranjos se concentraram em torno das premissas de não utilizar o componente animal e seguir a disposição em faixas. A escolha por não utilizar o componente animal, está relacionada com o interesse e o negócio da empresa. A disposição em faixas, foi utilizada com objetivo de criar ambientes que não afetem o crescimento e produtividade da Palma-de-óleo

em ambientes sombreados. Embora de acordo com Husna et al. (2023), a Palma-de-óleo possa tolerar algum grau de sombreamento na fase jovem, a partir fase produtiva, a planta necessita de mais luz para a produção de frutos e essa redução na fotossíntese limita a energia disponível levando a rendimentos potencialmente mais baixos (Laub et al., 2022; Priwiratama et al., 2019; Raai et al., 2020; Romero, Guataquira e Forero, 2022; Suharyanti, Mizuno e Sodri, 2020; Touil et al., 2021).

O desenho dos arranjos, ao se utilizar faixas de plantio, se alinha aos objetivos mais amplos dos SAFs que visam criar práticas agrícolas sustentáveis e economicamente viáveis, integrando várias espécies e utilizando o espaço disponível de forma eficiente (Masure et al., 2023). Sua utilização em SAFs neste contexto está alinhada com a adaptabilidade e inovação desses sistemas, pois pode permitir a superação de desafios relacionados ao meio biofísico e, ao mesmo tempo, promover a biodiversidade (Costa et al., 2024; Maia, 2023; Rocha, 2007). Neste sentido, a presença dessas faixas diversificadas foi aceita pelas equipes como uma escolha estratégica para otimizar o uso de recursos ambientais, como radiação solar e nutrientes do solo, e pela possibilidade de fornecer renda adicional por meio do cultivo de outras culturas ao otimizar o uso do solo e mitigar possíveis riscos associados a variações do preço do CFF (Khasanah et al., 2020).

O desenho sugerido no presente trabalho foi aquele em que os arranjos possuem faixas alternadas de Palma-de-óleo com faixas dos outros cultivos. Neste sentido, foram idealizados diferentes modelos de arranjos a partir da variação na quantidade de fileiras de Palma-de-óleo que formam esta faixa (Faixa da Palma); Variações na largura da faixa das demais culturas (Faixa de diversidade). Em todos os arranjos a Palma-de-óleo foi proposta em espaçamento triangular equilátero de 9,0 x 9,0 x 9,0 m, com 7,8 m entre fileiras. De acordo com Nair, Kumar e Nair (2022), as zonas de transição entre as faixas é onde as interações entre as espécies é mais intensa, com possibilidade de plantio de espécies que toleram sombreamento parcial. Desta forma, essa posição foi ocupada pelo cacau em todos os arranjos, devido a sua preferência por sombreamento parcial na fase adulta e a posição que ocupa no estrato vertical.

Para Maia et al. (2021), a utilização de faixas de diversidade entre 15 e 21 m alternadas com faixas de palma com fileiras duplas, contribui para a biodiversidade do sistema. Khasanah et al. (2020) verificaram que a utilização de faixas de diversidade com 19 m de largura contendo cacau ou pimenta-do-reino intercaladas

com fileiras duplas de Palma-de-óleo apresentaram vantagens econômicas e ambientais quando comparadas com os respectivos monocultivos. Adicionalmente, Gonçalves (2021), pesquisando o retorno econômico de SAFs com Palma-de-óleo, verificou resultados viáveis economicamente, com riscos de investimento baixos, utilizando arranjos em faixas alternadas com 15,6 e 23,4 m de largura.

As dimensões indicadas para as faixas de diversidade foram 18, 24 ou 30 m de largura, definidas também em função da área ocupada pela copa e espaço vital necessário para desenvolvimento dos componentes arbóreos, sem interferência de sombreamento na Palma-de-óleo (Condé et al., 2013; Oliveira et al., 2021; Tonini e Arco-Verde, 2005). O uso de diferentes larguras também promoveu alterações nas quantidades de indivíduos. As faixas de Palma-de-óleo foram utilizadas com 4 ou 8 fileiras, escolhidas em função de características do processo operacional da Agropalma, que adota um número par de linhas como referência para facilitar o processo de colheita e carreamento do fruto, assim como demais atividades mecanizadas.

A partir destes modelos e das fontes de variação definidas em conjunto pelas duas equipes, os arranjos foram construídos com o objetivo de verificar em campo a influência da presença das espécies no meio biofísico, as relações entre as espécies, o impacto no desenvolvimento e produtividade destas e da Palma-de-óleo, e por fim, seu impacto nos indicadores financeiros. Desta forma as seguintes prioridades de produção foram definidas e inseridas nos arranjos: 1) faixas onde o cacau é prioridade; 2) Faixas onde o cacau e eucalipto são prioridade; 3) Faixas onde o cupuaçu é a prioridade (Figura 7). Na linha de empilhamento, na faixa de palma, também foi incluída uma fileira com cacau. Neste sentido, as densidades de plantio para as espécies em cada arranjo proposto são apresentados na Tabela 3 e o tempo de permanência das espécies ao longo dos ciclos de produção dos SAFs na Tabela 4.

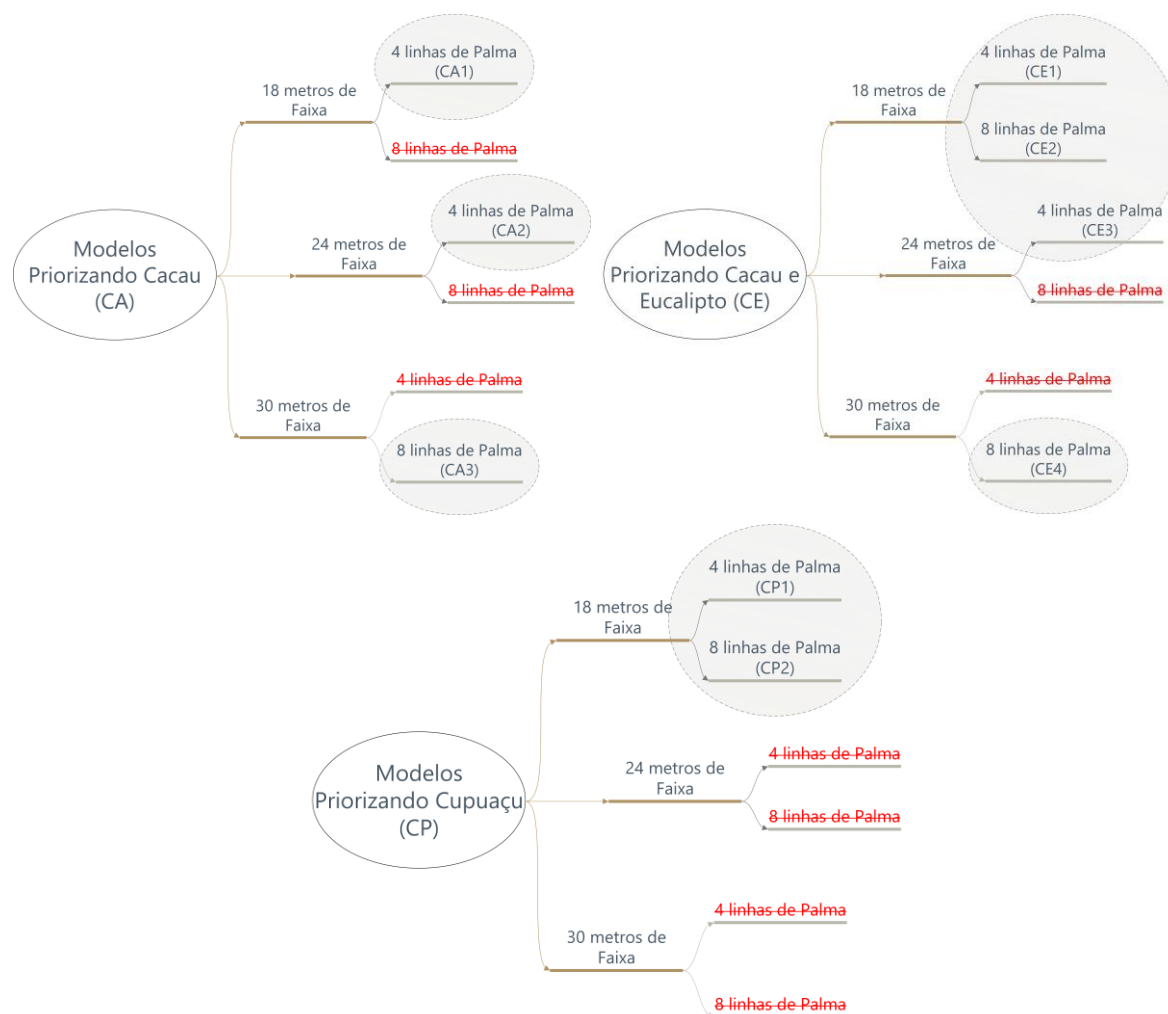


Figura 7 - Demonstração das decisões de permanência e exclusão de arranjos, de acordo com as discussões realizadas entre as equipes.
Fonte: O Autor.

Conforme descrito na Figura 7, foram propostos inicialmente 18 arranjos, formados a partir das combinações de prioridade, largura da faixa de diversidade e largura da faixa de palma. Ao final das análises para interseção das opiniões emitidas pelas duas equipes, definiu-se pela permanência de nove arranjos, visando otimização da pesquisa em campo e prioridades de pesquisa (Apêndice A). Neste sentido, explorar a relação entre o cacau e a Palma-de-óleo no SAFs foi interesse manifestado durante as discussões por ambas as equipes. A possibilidade de sucesso na combinação das duas espécies despertou interesse haja vista a tendência de melhora significativa do preço do cacau orgânico nos mercados nacional e internacional.

Tabela 3 – Resumo descritivo das informações dos arranjos agroflorestais propostos e densidades de plantio para as espécies em cada arranjo avaliado

Arranjo	Prioridade	Largura da faixa (m)	Fileiras de Palma-de-óleo	Densidade de plantio por espécie (n.ha ⁻¹)							
				Cacau	Cupuaçu	Eucalipto	Andiroba	Castanha	Peroba	Ipê	Palma
CA1	Cacau	18	4	467	-	-	16	-	-	-	107
CA2	Cacau	24	4	492	-	111	5	5	-	-	94
CA3	Cacau	30	8	433	-	67	-	4	-	-	105
CE1	Cacau + Eucalipto	18	4	403	-	113	10	-	3	3	107
CE2	Cacau + Eucalipto	18	8	504	-	64	9	-	-	-	122
CE3	Cacau + Eucalipto	24	4	393	-	281	23	-	-	-	94
CE4	Cacau + Eucalipto	30	8	386	-	158	-	8	-	-	105
CP1	Cupuaçu	18	4	-	346	-	16	-	-	-	107
CP2	Cupuaçu	18	8	-	301	-	9	-	-	-	122
Mono	Palma-de-óleo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143

Palma: Mono – Monocultivo de Palma-de-óleo; Margaridão – 2.222 n.ha⁻¹; feijão-guandu 12 kg.ha⁻¹ e milho 20 kg.ha⁻¹ plantados em conjunto via mix de sementes.

Fonte: O Autor.

Tabela 4 – Tempos de permanência das espécies presentes em todos os arranjos agroflorestais propostos ao longo do ciclo de produção de 25 anos

Espécie	Ano																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Palma-de-óleo																										
Cacau																										
Cupuaçu																										
Andiroba																										
Castanha																										
Peroba																										
Ipê																										
Puerária																										
Eucalipto ¹																										
Margaridão																										
Feijão-guandu																										
Milheto																										

¹ O Eucalipto terá três rotações de 3 anos.

Fonte: O Autor.

O interesse pelo eucalipto e sua possível inserção no sistema ocorreu devido a demanda interna de tutores na empresa, que implicaria em custo evitado com estacas de fixação das mudas de palma. Por outro lado, num cenário onde os SAFs fossem recomendados via mecanismos de fomento, para produtores parceiros da Agropalma, poderiam ser realizadas modificações dos arranjos propostos com eucalipto, substituindo esta espécie por outras de interesse da comunidade local.

O critério de eliminação dos modelos foi baseado na ideia de combinar faixas de diversidade curtas/longas com faixas de palma curtas/longas respectivamente. Desta forma, foi decidido combinar faixas de diversidade de 18 e 24 m com faixas de 4 fileiras de Palma-de-óleo e aquelas com 30 m com faixas de 8 fileiras de Palma-de-óleo. Buscando verificar o resultado da combinação de faixas de diversidade curtas com faixas de palma com 8 fileiras, optou-se em permanecer com o a combinação expressa pelo arranjo CE2. Para os modelos que priorizavam o cupuaçu, optou-se por manter apenas aqueles com a faixa de diversidade curta (18 m) devido à menor diversidade utilizada nestes arranjos.

Foi definido que todas as espécies produtoras de PFM e PFNM incluindo a Palma-de-óleo teriam o tempo de permanência durante todo o horizonte de planejamento dos arranjos, sendo que ao final destes 25 anos haveria substituição de todos os indivíduos. Desta forma, no final deste ciclo a madeira de todos os indivíduos arbóreos seria explorada e a parcela seria replantada, principalmente devido à queda de produção da Palma-de-óleo. Em relação ao Eucalipto, após 2 conduções de brotação (3 rotações de 3 anos com total de 9 anos de permanência) seria retirado do sistema. O milheto, feijão-guandu e margaridão seriam implantados no início do sistema, servindo como cobertura do solo, aporte de biomassa e N, com manejo facilitado via roçagens mecanizadas, com feijão-guandu e margaridão servindo também como sombreamento temporário para o cacau.

A partir das análises realizadas, foram propostos arranjos experimentais que possibilitarão à Agropalma S/A realizar as pesquisas necessárias para fundamentar decisões estratégicas a respeito da utilização de SAFs como modelo produtivo.

4. CONCLUSÕES

Foi possível, a partir das ferramentas utilizadas, eleger 11 espécies para compor os arranjos SAFs a serem testados em campo. Para tanto, foi escolhido o

desenho em faixas alternadas, apontado como solução para contornar a queda de produtividade esperada com sombreamento da Palma-de-óleo.

A andiroba, castanha, cacau e cupuaçu se destacaram como espécies promissoras por fornecer produtos com expectativa de aumento de preço e demanda no mercado interno e externo. Entretanto há risco na utilização de cacau ou cupuaçu devido a necessidade de mão de obra requerida no manejo e colheita. Análise conjunta dos cenários indicou que este problema pode ser contornado principalmente com a mecanização das atividades de colheita destas espécies, como a quebra do fruto e retirada da polpa/semente.

A metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) foi eficaz na proposição de arranjos experimentais de longo prazo. Ela otimizou o estabelecimento de premissas a partir da sistematização de conceitos e opiniões para eleger espécies, desenho e arranjos para SAFs com Palma-de-óleo em escala comercial. Ao final, 9 arranjos com diferentes larguras de faixas de diversidade alternadas com faixas de Palma-de-óleo foram escolhidos para compor o escopo inicial da experimentação com SAFs na Agropalma S/A.

As ferramentas de reunião, matriz de sistematização e revisão bibliográfica mostraram-se eficazes para desenvolver uma metodologia de sistematização participativa, contribuindo para tomadas de decisão a respeito das informações levantadas nas etapas de diagnóstico e conseqüentemente para o aprimoramento dos arranjos de SAFs propostos. Esse processo também ampliou as oportunidades de reflexão e aprendizado sobre SAFs, envolvendo diretamente as partes interessadas em uma troca de conhecimentos e experiências que contribuíram para a melhoria do resultado final.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M.; CORRAL, S. Multicriteria Decision Analysis and Participatory Decision Support Systems in Forest Management. **Forests**, v. 8, n. 4, p. 116, 10 abr. 2017.

AGROPALMA S/A. **Departamento de pesquisa em fitossanidade. Dados da estação meteorológica do departamento I.** [s.l.] Agropalma S/A, 2024.

_____. **Orgânicos - Agropalma.** Disponível em: <<https://www.agropalma.com.br/solucoes/organicos/>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

AGROPALMA S/A. **Valor efetivamente pago pelo CFF.** Disponível em: <https://www.agropalma.com.br/wp-content/uploads/2024/08/precos_cff_site_2020_2024-portugues.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

AHIRWAL, J.; SAHOO, U. K.; THANGJAM, U.; THONG, P. Oil palm agroforestry enhances crop yield and ecosystem carbon stock in northeast India: Implications for the United Nations sustainable development goals. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 478–487, mar. 2022.

AIYELAAGBE, I. O. O.; ADEOLA, A. O.; POPOOLA, L.; OBISESAN, K. O. Agroforestry potential of *Dacryodes edulis* in the oil palm-cassava belt of southeastern Nigeria. **Agroforestry Systems**, v. 40, p. 263–274, 1998.

ALIU, S. A.; EBUNILO, P. Development and Performance Evaluation of a Cocoa Pod Breaking Machine. **Advanced Materials Research**, v. 367, p. 725–730, 24 out. 2011.

ALVES, A. B.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOPES, A. D. O.; VAZANO, R. M. B.; LUCAS, J. G. S. **Implantação de Cultivos Intercalares com Palma de Óleo (Dendê) em Roraima.** Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2015.

AMOSHIE, D. A.; BEEM, H. R. **Design Processing** 2022 IST-Africa Conference (IST-Africa). **Anais...IEEE**, 16 maio 2022

ANDRADE, I. **Mercado do cacau.** Disponível em: <<https://mercadodocacau.com.br/cotacoes/>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ANTIUSHKO, D.; BOZHKO, T.; OSYKA, V.; SHAPOVALOVA, N.; LOZOVA, T.; FIL, M.; SIENOHONOVA, L.; DUDLA, I.; VOLODAVCHYK, V.; SIENOHONOVA, H. Ensuring environmental protection and economic renewal through organic production certification. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**, v. 4, n. 13(118), p. 53–60, 31 ago. 2022.

ARAÚJO, J. B. C. N.; SOUZA, A. N.; JOAQUIM, M. S.; MATTOS, L. M.; LUSTOSA JUNIOR, I. M. Use of the activity-based costing methodology (ABC) in the cost

analysis of successional agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 71–80, 1 fev. 2020.

ATANGANA, A.; KHASA, D.; CHANG, S.; DEGRANDE, A. **Tropical agroforestry**. [s.l.] Springer Netherlands, 2014.

BARBOSA JÚNIOR, R. N. DA S.; ANDRADE, E. H. DE A.; SILVA, J. R. DE A.; GONÇALVES, J. F. DE C.; SANTOS, A. S. Sustainability Aspects of Carapa Guianensis Aubl Oil for Antiinflammatory Uses. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. e08416, 14 ago. 2024.

BARLAGNE, C.; BÉZARD, M.; DRILLET, E.; LARADE, A.; DIMAN, J.-L.; ALEXANDRE, G.; VINGLASSALON, A.; NIJNIK, M. Stakeholders' engagement platform to identify sustainable pathways for the development of multi-functional agroforestry in Guadeloupe, French West Indies. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 3, p. 463–479, 2 mar. 2023.

BERNSEN, N. O.; DYBKJAER, L. Meetings with Discussion. *Em*: [s.l.: s.n.]. p. 197–208.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. EXTERIOR E S.-M. **Cacau e chocolate no Brasil: desafios na produção e comércio global**. [s.l.] MDIC, 2018.

BRINKEN, J.; TROJAHN, S.; BEHRENDT, F. Sufficiency, Consistency, and Efficiency as a Base for Systemizing Sustainability Measures in Food Supply Chains. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6742, 31 maio 2022.

BUDIADI; SUSANTI, A.; MARHAENTO, H.; ALI IMRON, M.; PERMADI, D. B.; HERMUDANANTO. Oil palm agroforestry: an alternative to enhance farmers' livelihood resilience. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 336, n. 1, p. 012001, 1 out. 2019.

CEPEA. **Informativo CEPEA - Setor Florestal**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/florestal.aspx>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

CONDÉ, T. M.; LIMA, M. L. M. DE; LIMA NETO, E. M. DE; TONINI, H. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 7, n. 1, p. 18, 2 maio 2013.

CÓRDOBA, D.; JUEN, L.; SELFA, T.; PEREDO, A. M.; MONTAG, L. F. DE A.; SOMBRA, D.; SANTOS, M. P. D. Understanding local perceptions of the impacts of large-scale oil palm plantations on ecosystem services in the Brazilian Amazon. **Forest Policy and Economics**, v. 109, p. 102007, dez. 2019.

COSTA, C.; COSTA, I.; COSTA, M.; LIMA, B.; SOUZA, G.; SILVA, R. Criteria for scaling up oil palm agroforestry in northeastern Pará, Brazil. **Tropical Forest Issues**, n. 62, 18 mar. 2024.

DANIELSKI, R.; POLMANN, G.; MARA BLOCK, J. Valorization of Native Nuts from Brazil and Their Coproducts. *Em: Innovation in the Food Sector Through the Valorization of Food and Agro-Food By-Products*. [s.l.] IntechOpen, 2021. .

DOUTHWAITE, B.; KUBY, T.; FLIERT, E. VAN DE; SCHULZ, S. Impact pathway evaluation: an approach for achieving and attributing impact in complex systems. **Agricultural Systems**, v. 78, n. 2, p. 243–265, nov. 2003.

DUMONT, E. S.; BONHOMME, S.; PAGELLA, T. F.; SINCLAIR, F. L. Structured stakeholder engagement leads to development of more diverse and inclusive agroforestry options. **Experimental Agriculture**, v. 55, n. S1, p. 252–274, 30 jun. 2019.

FARIAS, L. F.; SOARES, J. P. G.; SOUSA, R. L. DE. O mercado de orgânicos e os preços praticados nos principais canais de comercialização na cidade de Goiânia, GO. **Iheringia, Série Botânica**, v. 77, p. e2022009–e2022009, 22 mar. 2022.

FERREIRA, B. E. DA S.; COSTA, R. C. O circuito espacial produtivo da andiroba no estado do Amazonas – AM. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 45, n. 1, p. 15–25, 29 ago. 2023.

FURCAL-BERIGUETE, P.; ROBLES-ARGÜELLO, Z.; SALAZAR-DÍAZ, R. Evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestal con Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Revista Tecnología en Marcha**, v. 36, n. 2, p. Pág. 20-31, 6 mar. 2023.

FUTURE MARKET INSIGHTS. **Organic Cocoa Market Size, Trends & Share - 2023 - 2032 | FMI**. Disponível em: <<https://www.futuremarketinsights.com/reports/organic-cocoa-market>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

GALLINA, E. S.; CRUZ, L. DE O.; MATIAS, F. Brazilian Public Policies and Sustainable Development that Influence the National Bioindustry. *Em: LEAL FILHO, W.; POCIOVALISTEANU, D. M.; AL-AMIN, A. (Eds.). . Sustainable Economic Development*. [s.l.: s.n.]. p. 127–139.

GASPAR AMARAL, L. F.; FIERRO, I. M. Profile of medicinal plants utilization through patent documents: The andiroba example. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 4, p. 716–722, jul. 2013.

GIKUNDA, R.; LAWVER, D. Effect of Certification on Adoption and Sustainability of Organic Agricultural Practices. **Journal of International Agricultural and Extension Education**, v. 27, n. 1, p. 64–78, 19 jan. 2020.

GÓMEZ, M. U.; BUENO, A. L.; LEÓN, A. C.; URIBE BERNAL, J. I.; HERNÁNDEZ AGUIRRE, S. A. Traditional agroforestry systems: a methodological proposal for its analysis, intervention, and development. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 3, p. 491–503, 1 mar. 2022.

GONÇALVES, L. M. S. **Análise técnica e econômica do cultivo de *Elaeis guineensis* Jacq. em sistema agroflorestal**. Viçosa, MG: [s.n.].

HOLLIDAY, O. J. **Para sistematizar experiências**. 2. ed. Brasília: MMA, 2006.

HUSNA, M.; SALAMAH, U.; HERMAN, W.; AGWIL, W. The Improvement of Oil Palm Seedling through Shade, Manure and Organic Liquid Fertilizer in Ultisol Media. **Planta tropika**, v. 11, n. 1, p. 33–40, 31 mar. 2023.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal - PAM (Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes)**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2023a.

_____. **Produção Agrícola Municipal - PAM (Tabela 289 - Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo)**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2023b.

_____. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) | IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=calculadora-do-ipca>. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTO BIODINÂMICO - IBD. **Diretrizes orgânico e natural para produtos cosméticos e higiene pessoal e ingredientes certificados como natural e orgânico**. 6ª Edição. Disponível em: <https://www.ibd.com.br/wp-content/uploads/2019/10/8_1_2_C_Diretrizes_IBD_Cosmeticos_17102019_V.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024.

JOIA, L. A.; SOLER, A. M.; BERNAT, G. B.; RABECHINI JUNIOR, R. **Gerenciamento de riscos em projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2013.

KHASANAH, N.; NOORDWIJK, M. VAN; SLINGERLAND, M.; SOFIYUDIN, M.; STOMPH, D.; MIGEON, A. F.; HAIRIAH, K. Oil Palm Agroforestry Can Achieve Economic and Environmental Gains as Indicated by Multifunctional Land Equivalent Ratios. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, p. 479148, 21 jan. 2020.

KHOKTHONG, W.; ZEMP, D. C.; IRAWAN, B.; SUNDAWATI, L.; KREFT, H.; HÖLSCHER, D. Drone-Based Assessment of Canopy Cover for Analyzing Tree Mortality in an Oil Palm Agroforest. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 2, 30 abr. 2019.

KOH, L. P.; WILCOVE, D. S. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? **Conservation Letters**, v. 1, n. 2, p. 60–64, 4 jun. 2008.

KOUSSIHOUÈDÉ, H.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; AHOLOUKPÈ, H.; BARTHÈS, B.; CHAPUIS-LARDY, L.; JASSOGNE, L.; AMADJI, G. Diversity and socio-economic aspects of oil palm agroforestry systems on the Allada plateau, southern Benin. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 41–56, 1 fev. 2020.

LACERDA, F.; MIRANDA, I.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; VALE, I. DO. Weed dynamics during the change of a degraded pasture to agroforestry system. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 4, p. 909–916, 23 ago. 2013.

LAUB, M.; PATACZEK, L.; FEUERBACHER, A.; ZIKELI, S.; HÖGY, P. Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: a meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 3, p. 51, 1 jun. 2022.

LEMIERE, L.; JAEGER, M.; GOSME, M.; SUBSOL, G. Combinatorial maps, a new framework to model agroforestry systems Short title: Spatial graphs for agroforestry systems. **Plant Phenomics**, v. 5, 15 dez. 2023.

LUCAS XAVIER TRINDADE; JACQUES MARCOVITCH; JOÃO PEDRO DE CASTRO NUNES PEREIRA. O sistema agroindustrial do cacau no Brasil: o nexo entre competitividade e Sustentabilidade. Em: GABRIEL DA SILVA MEDINA; JOSÉ ELENILSON CRUZ (Eds.). **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas**. Goânia: Kelps, 2021. v. Vp. 96.

MACHADO, I. R.; MENDES, K. R. Estudo etnobotânico, médico, terapêutico e farmacológico de *Carapa guianensis* Aublet: uma revisão. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 1, 2 jun. 2021.

MAIA, F. R. The economic viability of an agroforestry system in relation to monoculture. **Journal of Interdisciplinary Debates**, v. 4, n. 04, p. 341–356, 23 nov. 2023.

MAIA, R. DA S.; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; CASTELLANI, D. C.; KATO, O. R. Oil palm (*Elaeis guineensis*) shows higher mycorrhizal colonization when planted in agroforestry than in monoculture. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 4, p. 731–740, 1 abr. 2021.

MASURE, A.; MARTIN, P.; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. Promoting oil palm-based agroforestry systems: an asset for the sustainability of the sector. **Cahiers Agricoles**, v. 32, p. 16, 19 abr. 2023.

MASURE, A.; TCHOUA, L. B. F. DE; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. **Agroforesterie à palmier à huile: Adoption et adaptation de prototypes de systèmes**

agroforestiers (SAFs) par des agriculteurs de la région Centre du Cameroun. Montpellier: [s.n.].

MIKLÓS, A. A. W. **Diagnóstico do estado do atual dos solos das áreas agrícolas em função do manejo.** Piracicaba, São Paulo: Relatório realizado para o Grupo Agropalma nos Departamentos CRAI e Agropalma. ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 1998.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. EXTERIOR E S.-M. **Comex Stat - ComexVis.** Disponível em: <<https://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

MORENO, J. J. O.; FERRAZ ALMEIDA, R. Características del mercado de productos orgánicos y las oportunidades para brasil. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 9, n. 1, p. 12, 30 mar. 2023.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. An introduction to agroforestry: Four decades of scientific developments. **An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments**, p. 1–666, 12 jan. 2022.

NCHANJI, Y. K.; NKONGHO, R. N.; MALA, W. A.; LEVANG, P. Efficacy of oil palm intercropping by smallholders. Case study in South-West Cameroon. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 509–519, 24 jun. 2016.

NORONHA, G. N. **Cadeia produtiva da pecuária de corte do município de Tailândia, estado do Pará: estrutura e caracterização sanitária dos abates.** Belém, PA: [s.n.].

OLIVEIRA, R. G. DE; SOUZA, A. S. DE; SANTOS, V. A. H. F. DOS; LIMA, R. M. B. DE; FERREIRA, M. J. Long-term effects of plant spacing on the growth and morphometry of *Bertholletia excelsa*. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 3, p. 181–190, set. 2021.

OLIVEIRA, R. L. L.; VASCONCELOS, S. S.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA-JUNIOR, A. B.; CASTELLANI, D. C.; KATO, O. R. Management Practices Affect Soil Carbon and Physical Quality in Oil Palm Agroforestry Systems in the Amazon. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, n. 4, p. 4653–4668, 29 dez. 2022.

PRIWIRATAMA, H.; PERDANA ROZZIANSHA, T. A.; SUSANTO, A.; PRASETYO, A. E. Effect of bagworm *pteroma pendula joannis* attack on the decrease in oil palm productivity. **Jurnal hama dan penyakit tumbuhan tropika**, v. 19, n. 2, p. 101, 18 set. 2019.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide).** 7th. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute (PMI), 2021.

RAAI, M. N.; ZAIN, N. A. M.; OSMAN, N.; REJAB, N. A.; SAHRUZAINI, N. A.; CHENG, A. Effects of shading on the growth, development and yield of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). **Ciência Rural**, v. 50, n. 2, 2020.

RAINTREE, J. B. **Guidelines for Agroforestry Diagnosis and Design**. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), 1983.

_____. The state of the art of agroforestry diagnosis and design. **Agroforestry Systems**, v. 5, n. 3, p. 219–250, 1987.

RAMOS, H. M. N.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C. Above and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, 3 out. 2017.

RÊGO, L. J. S.; SOARES, N. S.; ISBAEX, C.; SILVA, S.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, M. L. DA; ROMERO, F. M. B. Brazil nuts a non-timber potential: Uncertainties and investments. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e22101521868, 15 nov. 2021.

ROCHA, R. N. C. Culturas intercalares para sustentabilidade da produção de dendê na agricultura familiar. 2007.

ROCHA, R. N. C.; RODRIGUES, M. DO R. L.; LOPES, R.; CYSNE, A. Q.; MACEDO, J. L. V. DE. Production and cash flow of oil palm intercropping systems an amazonian degraded area. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 52–57, 5 fev. 2020.

ROMERO, H. M.; GUATAQUIRA, S.; FORERO, D. C. Light Interception, Photosynthetic Performance, and Yield of Oil Palm Interspecific OxG Hybrid (*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.) under Three Planting Densities. **Plants**, v. 11, n. 9, p. 1166, 26 abr. 2022.

ROSA, J. S. DA; OLIVEIRA MOREIRA, P. I.; CARVALHO, A. V.; FREITAS-SILVA, O. Cupuassu Fruit, a Non-Timber Forest Product in Sustainable Bioeconomy of the Amazon—A Mini Review. **Processes**, v. 12, n. 7, p. 1353, 28 jun. 2024.

SANTANA, L. F. DE; SOZINHO, T. M.; SILVA, J. C. G. L. DA; FREGA, J. R.; ALMEIDA, L. B. DE; VALERIUS, J. Analysis of Seasonal Behavior, Cycle Occurrences and Price Trends of Brazil nut Products Exported from Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 220, 11 abr. 2018.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 395–405, 2013.

SAYER, J.; GHAZOUL, J.; NELSON, P.; KLINTUNI BOEDHIHARTONO, A. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. **Global Food Security**, v. 1, n. 2, p. 114–119, dez. 2012.

SCHIRIGATTI, E. L.; AGUIAR, G. P.; SILVA, J. C. G. L. DA; FREGA, J. R.; ALMEIDA, A. N. DE; HOEFLICH, V. A. Market Behavior for in Shell Brazil Nuts Produced in Brazil from 2000 to 2010. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 369–377, 3 maio 2016.

SEFAZ/AM. Pauta de Preços Mínimos - GSEFAZ. Disponível em: <https://online.sefaz.am.gov.br/silt/Normas/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Estadual/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20GSEFAZ/Ano%202023/Arquivo/RG%200018_23.htm>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SILVA, C. S. DA; MENDONÇA, B. A. F. DE; PEREIRA, M. G.; ARAÚJO, E. J. G. DE; CASTELLANI, D. C. Spatial dependency and correlation of properties of soil cultivated with oil palm, *Elaeis guineensis*, in agroforestry systems in the eastern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 280–289, dez. 2018.

SILVA, D. P. Preços das espécies selecionadas para os SAFs da Agropalma S/A. **Comunicação Pessoal**. Tailândia (PA), 2023.

SILVA, E. N. DA; SANTANA, A. C. DE; SILVA, I. M. DA; OLIVEIRA, C. M. Aspectos socioeconômicos da produção extrativista de óleos de andiroba e de copaíba na floresta nacional do Tapajós, Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 53, p. 12–23, 2010.

SILVA, L. S. DA; PIERRE, F. C. Aplicabilidade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (willd. Ex spreng.) Schum.) em produtos e subprodutos processados. **Tekhne e Logos**, v. 12, n. 1, p. 19–33, 26 abr. 2021.

SOCHA, L. B.; A PINHEIRO, R. B. M. Cupuaçu: a fruta globalizada. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 554, 9 out. 2015.

SOLLEN-NORRLIN, M.; GHALEY, B. B.; RINTOUL, N. L. J. Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 7001, 27 ago. 2020.

SOUZA, H. N. DE; CARDOSO, I. M.; SÁ MENDONÇA, E. DE; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B. DE; GJORUP, D. F.; BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 2, p. 247–262, 7 jun. 2012.

SRS CERTIFICATION GMBH. **The China Organic Standard GB/T 19630**. Disponível em: <<https://srs-certification.com/wp-content/uploads/2020/02/OGA-Ti7-China-Organic-Standard-GBT19630-2019-12-12.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

STREULE, S.; ANDRÉ, A.; FREIMÜLLER LEISCHTFELD, S.; CHATELAIN, K.; GILLICH, E.; CHETSCHIK, I.; MIESCHER SCHWENNINGER, S. Influences of Depulping, Pod Storage and Fermentation Time on Fermentation Dynamics and Quality of Ghanaian Cocoa. **Foods**, v. 13, n. 16, p. 2590, 19 ago. 2024.

SUHARYANTI, N. A.; MIZUNO, K.; SODRI, A. The effect of water deficit on inflorescence period at palm oil productivity on peatland. **E3S Web of Conferences**, v. 211, p. 05005, 25 nov. 2020.

TAVARES, V. DE S.; PEREZ, R.; STRINGHETA, P. C.; BRAGA, G. B. Impact of organic certification on the price of ready-to-drink fruit nectars and juices. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 2, p. 395–403, 2021.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633–638, jul. 2005.

TOUIL, S.; RICHA, A.; FIZIR, M.; BINGWA, B. Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: a mini review. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 20, n. 2, p. 281–296, 26 jun. 2021.

TRANCHINA, M.; REUBENS, B.; FREY, M.; MELE, M.; MANTINO, A. What challenges impede the adoption of agroforestry practices? A global perspective through a systematic literature review. **Agroforestry Systems**, v. 98, n. 6, p. 1817–1837, 26 ago. 2024.

USDA. **Organic Regulations | The National Organic Program (NOP)**. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/organic>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

WENZEL, A. *et al.* Balancing economic and ecological functions in smallholder and industrial oil palm plantations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 121, n. 17, 23 abr. 2024.

CAPÍTULO 2: Análise econômica e de sensibilidade em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), como estratégia para Diagnóstico e Desenho (D&D)

RESUMO:

Os objetivos do estudo foram testar a viabilidade econômica e analisar a influência dos custos de produção, receitas e variáveis operacionais na viabilidade para 9 diferentes arranjos de SAFs com Palma-de-óleo no estado do Pará de forma a nortear a implantação daqueles com menor risco associado. Foram utilizadas 11 espécies organizadas em faixas com 18, 24 ou 30 metros de largura, separados por faixas com 4 ou 8 linhas de Palma-de-óleo para compor estes arranjos, sendo que a Palma-de-óleo também foi avaliada em monocultivo. A produtividade da Palma-de-óleo foi obtida a partir da produtividade média anual registrada pela Agropalma com observações por idade com ajustes para toneladas de CFF.ha⁻¹ a partir de índices de produtividade. Para os componentes cacau, cupuaçu, andiroba e castanha foi estimada por meio do uso de regressão linear a partir de valores obtidos na literatura para o estado do Pará. A produção em volume de madeira para as espécies ipê, peroba, castanha e andiroba foram obtidos da literatura e a quantidade de estacas de eucalipto foi estimada por meio do uso de modelos de afilamento. Para cada arranjo SAFs as análises econômicas foram realizadas considerando horizonte de planejamento de 25 anos sendo levantados os custos com insumos, mão de obra e maquinários utilizado nas operações de plantio, manutenção e colheita assim como projetadas as receitas considerando a comercialização dos produtos gerados ao longo dos anos. O desempenho econômico dos arranjos de SAFs foi realizado por meio do VPL, TIR, VAE; Razão B/C) e Payback Descontado sendo 6% o valor utilizado para a TMA. A análise de sensibilidade dos dados de custos e receitas foi realizada por meio de simulações utilizando o Método de Monte Carlo. Foi realizada 1 simulação com 5000 iterações utilizando a distribuição de probabilidade uniforme utilizando software @RISK®, em ambiente do Microsoft Office Excel®. Os custos com adubação (24,38% do custo total em média) e colheita (25,11% do custo total em média) foram o os mais expressivos dentre os componentes de custo avaliados neste estudo. O custo da terra influencia negativamente a viabilidade econômica expressa pelo VPL, TIR, Razão B/C e no Payback Descontado (PD). Os arranjos de SAFs com Palma-de-óleo, onde havia também a presença das espécies cacau e

eucalipto juntas como prioridade de plantio, apresentaram o melhor desempenho para os critérios econômicos (Arranjos CE3 com VPL = 60.986,69 R\$.ha⁻¹ e CE4 com VPL = 53.372,53 R\$.ha⁻¹). Estes arranjos também foram aqueles com maior diversificação das espécies que geram receitas e que possuem faixas com maiores distâncias entre as linhas de Palma-de-óleo. Eles apresentaram além dos resultados superiores para todos os critérios econômicos avaliados também menor risco associado à sua implantação. A partir das simulações realizadas com método de Monte Carlo verificou-se que as variáveis de entrada com maior influência no resultado do VPL e TIR foram Produtividade da Palma, Produtividade do Cacau, Preço CFF e Preço do Cacau ou Cupuaçu Amêndoa.

Palavras-chave: Cultivo Orgânico. Método de Monte Carlo. Análise de Sensibilidade.

CHAPTER 2: Economic and Sensitivity Analysis in Agroforestry Systems with Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as a Strategy for Diagnosis and Desenho (D&D)

ABSTRACT:

The objectives of the study were to test the economic feasibility and analyze the influence of production costs, revenues, and operational variables on the viability of 9 different agroforestry arrangements with oil palm in the state of Pará, aiming to guide the implementation of those with lower associated risks. Eleven species were used, organized in strips 18, 24, or 30 meters wide, separated by rows with 4 or 8 lines of oil palm to compose these arrangements, with oil palm also evaluated in monoculture. The oil palm yield was obtained from the average annual productivity recorded by Agropalma, based on age-related observations, adjusted for tons of FFB.ha⁻¹ using productivity indices. For cacao, cupuaçu, andiroba, and Brazil nut components, yield was estimated using linear regression from values obtained in the literature for the state of Pará. The wood volume production for species such as ipê, peroba, Brazil nut, and andiroba was obtained from the literature, and the quantity of eucalyptus stakes was estimated using taper models. For each SAFs arrangement, economic analyses were conducted considering a 25-year planning horizon, assessing costs related to inputs, labor, and machinery used in planting, maintenance, and harvesting operations, while revenues were projected considering the commercialization of the products generated over the years. The economic performance of the SAFs arrangements was evaluated using NPV, IRR, EAV, B/C ratio, and Discounted Payback, with a discount rate of 6%. Sensitivity analysis of cost and revenue data was conducted through simulations using the Monte Carlo method. One simulation with 5,000 iterations was performed using a uniform probability distribution in @RISK® software, within the Microsoft Office Excel® environment. Fertilization costs (24.38% of total costs on average) and harvesting costs (25.11% of total costs on average) were the most significant cost components evaluated in this study. Land costs negatively influenced economic viability, as expressed by NPV, IRR, B/C ratio, and Discounted Payback (DP). The SAFs arrangements with oil palm, where cacao and eucalyptus were also prioritized in planting, showed the best performance for economic criteria (Arrangements CE3 with NPV = R\$ 60,986.69 ha⁻¹ and CE4 with NPV = R\$ 53,372.53 ha⁻¹). These arrangements also had the greatest

species diversification generating revenue and featured wider spacing between oil palm rows. They not only showed superior results for all evaluated economic criteria but also presented lower risks associated with their implementation. Based on the simulations performed with Monte Carlo, it was found that the input variables with the greatest influence on NPV and IRR results were palm yield, cacao yield, FFB price, and cacao or cupuaçu almond price.

Key-words: Organic Farming. Monte Carlo Method. Sensitivity Analysis.

1. INTRODUÇÃO

Os (sistemas agroflorestais) SAFs têm ganhado destaque nas últimas décadas como uma alternativa sustentável aos tradicionais sistemas de monocultivo, oferecendo vantagens econômicas que vão além dos benefícios ecológicos assim como maior resiliência econômica e social nas comunidades agrícolas onde são adotados (Kruger *et al.*, 2022; Lehmann *et al.*, 2020). A integração da Palma-de-óleo em SAFs apresenta potencial pois oferece uma alternativa ao monocultivo tradicional que pode ir além dos benefícios ecossistêmicos já bem fundamentados na literatura (Calderón-Balcázar *et al.*, 2023; Gómez *et al.*, 2023; Maia, 2023; Silva, *et al.*, 2016; Maia, da *et al.*, 2021). Neste sentido, ao proporcionar o uso mais eficiente dos recursos, espera-se com o manejo destes sistemas se traduz em redução dos custos com insumos que são frequentemente utilizados em excesso nos monocultivos do setor, o que pode resultar em maior rentabilidade total por unidade de área (Leakey, 2017).

A diversidade de espécies inerente ao SAFs resulta na diversificação das fontes de renda obtidas com o sistema. Desta forma, os resultados econômicos obtidos da produção simultânea de Palma-de-óleo e outras culturas agrícolas ou produtos florestais não madeireiros diminui o risco ao se adotar o projeto. Esta característica é particularmente importante em regiões onde as flutuações no preço do óleo de palma podem impactar significativamente a rentabilidade dos cultivos (Darkwah *et al.*, 2021; Khasanah *et al.*, 2020).

Adicionalmente, os SAFs podem gerar benefícios econômicos indiretos a partir de serviços ecossistêmicos que têm um valor econômico significativo. Estes serviços incluem a polinização, controle biológico de pragas, conservação da biodiversidade e sequestro de carbono e podem representar um valor econômico que muitas vezes é subestimado nas análises, mas que é crucial para produção sustentável de óleo de palma de maneira sustentável a longo prazo (Hermin *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2022, 2023; Oliveira *et al.*, 2020; Ramos *et al.*, 2018) .

Entretanto, apesar de seus benefícios, os SAFs apresentam desafios consideráveis que devem ser abordados durante a fase de planejamento. Neste sentido, é crucial para o sucesso em sua adoção do sistema a integração entre planejamento e execução eficiente dos aspectos relacionados a implantação e manejo, pois, a falta de compreensão das interações entre os componentes pode

comprometer a viabilidade a longo prazo (Tranchina *et al.*, 2024). Desta forma, um fator desafiador é a compreensão referente ao potencial de retorno econômico dos SAFs, pois comumente possuem maior investimento inicial e tempo de retorno (Sollen-Norrlin, Ghaley e Rintoul, 2020). Esta característica pode desmotivar pequenos agricultores que dependem de retornos rápidos para sua subsistência, assim como investidores interessados na adoção em larga escala. Identificar as variáveis que podem influenciar estes fatores de risco é crucial para que se possa minuciosamente quantificá-los e mitigá-los durante a etapa de planejamento e aumentar as chances de sucesso do sistema após implantação (Do, Luedeling e Whitney, 2020; Koussihouèdé *et al.*, 2020).

A análise econômica e a análise de sensibilidade são ferramentas úteis para gerenciar riscos, avaliando custos, benefícios, mão de obra e condições de mercado, ajudando a controlar variáveis que podem interferir na viabilidade econômica do projeto. Enquanto a análise econômica foca na determinação da viabilidade e eficiência de projetos e políticas, a análise de sensibilidade concentra-se na compreensão de como a incerteza nas variáveis de entrada pode afetar os resultados (Louman *et al.*, 2024; Padovan *et al.*, 2022; Platon e Constantinescu, 2014). Neste sentido, análise de sensibilidade aprimora a avaliação dos projetos em SAFs ao identificar incertezas e seus impactos na viabilidade econômica, melhorando assim a confiança nas avaliações de risco (Connor *et al.*, 2022).

As diferenças entre as análises econômicas e a de sensibilidade residem principalmente em seus objetivos e abordagens. A análise econômica tende a ser mais estática, fornecendo uma visão clara e direta de causa e efeito. Em contrapartida, a análise de sensibilidade é dinâmica e focada na incerteza, oferecendo uma compreensão mais profunda das possíveis variações e magnitude das causas e seu impacto nos resultados, pois se baseia em modelagem probabilística (Do, Luedeling e Whitney, 2020). A combinação dessas abordagens é essencial para tomadas de decisões coerentes em ambientes econômicos complexos e incertos (Gosling *et al.*, 2021; Liu e Chuang, 2023; Platon e Constantinescu, 2014).

De forma geral, os SAFs com Palma-de-óleo apresentam perfil financeiro vantajoso assim como as práticas tradicionais de monocultura do setor. Como vantagem, ao integrar outras espécies e diversificar o potencial produtivo se possibilita o amortecimento das flutuações do mercado, resultando em maior relação

custo-benefício (Braga et al., 2024; Khasanah et al., 2020). Além disto, vantagens referentes a linhas de financiamento estão sendo incluídas para SAFs com Palma-de-óleo, facilitando o acesso de capital a pequenos agricultores ou facilitando a alavancagem para investidores do setor (Costa et al., 2024).

Entretanto, embora realmente sejam alternativa sustentável, é importante considerar que eles também apresentam incertezas. Embora mostrem características financeiras promissoras, algumas questões permanecem, incluindo garantir conexões com o mercado, flutuações do preço da Palma-de-óleo, assim como garantir a gestão operacional e de mão de obra eficazes, o que pode limitar sua adoção em larga escala (Costa et al., 2024; Susanti et al., 2020, 2021).

Adicionalmente, na maioria dos cenários o retorno financeiro e a viabilidade técnica para SAFs com Palma-de-óleo apresentam resultados positivos limitados a pequenos produtores em pequena escala e se utilizando de mão de obra familiar (Lopes et al., 2015; Nchanji et al., 2016; Rocha, 2007; Tranchina et al., 2024). Em escala comercial, a complexidade da análise econômica em decorrência da necessidade de incorporar variáveis operacionais e questões referentes a produtividade de diferentes espécies num longo horizonte de análise, tornam escassas as pesquisas (Pompeu, Kato e Almeida, 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi testar a viabilidade econômica para diferentes arranjos de SAFs com Palma-de-óleo orgânica em escala comercial no estado do Pará. De maneira específica, objetivou-se analisar a influência dos custos de produção, receitas e variáveis operacionais na viabilidade destes arranjos de forma a nortear a implantação daqueles com menor risco associado. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de análise econômica tais como indicadores de viabilidade e análise de sensibilidade. O método de Monte Carlo foi utilizado para quantificação da influência daquelas variáveis no resultado econômico de cada arranjo proposto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Os arranjos de SAFs foram desenhados visando pesquisas na empresa Agropalma S/A, em área denominada Departamento III, localizada no município de Tailândia, estado do Pará, Brasil (2° 56' 50" S, 48° 57' 11" W). Nessa área, com total

de 3.961,02 ha, as parcelas de cultivo de Palma-de-óleo apresentam, em média, 28 anos de idade e desde 2018 iniciou-se a conversão para o cultivo orgânico. Os arranjos são planejados experimentalmente em 70 hectares sob o regime de manejo orgânico (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região é caracterizada pelo clima tropical úmido (Am), com médias anuais de precipitação de 2.627,29 mm e temperatura de 26,74 °C, conforme monitoramento da empresa entre os anos de 2004 e 2024 (Agropalma S/A, 2021; Noronha, 2015). O local é caracterizado por solos predominantemente argilosos de baixa fertilidade natural, com histórico de produção convencional de Palma-de-óleo anterior à adoção do cultivo orgânico (Miklós, 1998). A vegetação circundante é composta por fragmentos de floresta secundária em diferentes estágios de regeneração, proporcionando um ambiente diversificado em termos de biodiversidade.

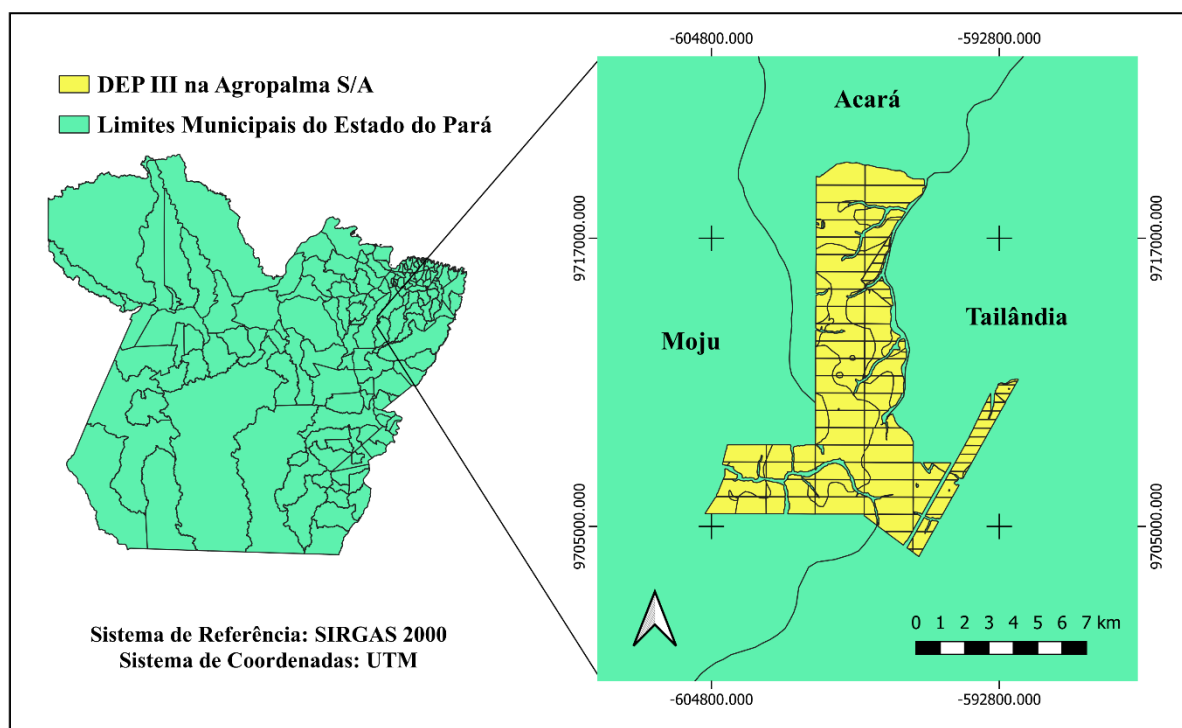


Figura 1 – Localização do Departamento III, onde serão instalados os arranjos experimentais.

Fonte: O Autor.

2.2. Caracterização dos arranjos agroflorestais avaliados

As 11 espécies utilizadas estão descritas no Quadro 1 e foram organizadas em faixas com 18, 24 ou 30 m de largura, separados por faixas com 4 ou 8 fileiras de Palma-de-óleo. Na linha de empilhamento, na faixa de palma, também foi incluída uma linha com plantio de cacau. Os modelos testados, foram obtidos por meio do uso da Metodologia Diagnóstico e Desenho (D&D) na proposição de arranjos experimentais de SAFs com Palma-de-óleo (Apêndice A). Para tanto foram necessárias 4 etapas: Pré-diagnóstico, Diagnóstico de mercado e operacional, Análise dos diagnósticos e Desenvolvimento dos arranjos. Os arranjos idealizados em conjunto pelas duas equipes (UFV e Agroalma S/A) estão organizados em função da densidade de plantio e prioridade dada à produção para determinadas espécies, sendo que os arranjos: CA1, CA2 e CA3 - o cacau é prioridade; CE1, CE2, CE3 e CE4 - o cacau e eucalipto são prioridade; CP1 e CP2 - o cupuaçu é a prioridade (Tabela 1). Foi avaliada também a Palma-de-óleo em monocultivo.

Quadro 1 – Espécies utilizadas na composição dos arranjos SAFs com Palma-de-óleo avaliados

Nome Comum	Espécies	Função
Castanha	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Ecológica/econômica
Feijão-guandu	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	Fonte de N e sombra
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Ecológica/econômica
Puerária	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Fixação de N e biomassa
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Econômica
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K.Schum.	Econômica
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Biomassa/piquetes
Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Ecológica/econômica
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp. Gomes ex DC.	Ecológica/econômica
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	Biomassa e sombra
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	Biomassa

Fonte: O Autor.

Tabela 1 – Resumo descritivo das informações dos arranjos agroflorestais propostos e densidade de plantio para as espécies

Arranjo	Prioridade	Largura da faixa (m)	Linhas de Palma-de-óleo	Densidade de plantio por espécie (n/ha)							
				Cacau	Cupuaçu	Eucalipto	Andiroba	Castanha	Peroba	Ipê	Palma
CA1	Cacau	18	4	467	-	-	16	-	-	-	107
CA2	Cacau	24	4	492	-	111	5	5	-	-	94
CA3	Cacau	30	8	433	-	67	-	4	-	-	105
CE1	Cacau + Eucalipto	18	4	403	-	113	10	-	3	3	107
CE2	Cacau + Eucalipto	18	8	504	-	64	9	-	-	-	122
CE3	Cacau + Eucalipto	24	4	393	-	281	23	-	-	-	94
CE4	Cacau + Eucalipto	30	8	386	-	158	-	8	-	-	105
CP1	Cupuaçu	18	4	-	346	-	16	-	-	-	107
CP2	Cupuaçu	18	8	-	301	-	9	-	-	-	122
Mono	Palma-de-óleo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143

Palma: Mono – Monocultivo de Palma-de-óleo;

Fonte: O Autor.

Foram avaliados um total de 9 arranjos com diferentes níveis de diversidade, sendo que diferentes espécies com função comercial e/ou ecológica foram combinadas com Palma-de-óleo, visando a produção do SAFs em escala comercial (Apêndice A). A largura e disposição das faixas, assim como a presença das espécies e espaçamentos utilizados foram definidas em com a equipe técnica da empresa, sendo utilizada a metodologia D&D (Raintree, 1983), para diagnosticar critérios, premissas técnicas e mercadológicas internas e externas a fim de desenhar arranjos que fossem produtivos, sustentáveis e viáveis em escala

2.3. Estimativa de produção das espécies utilizadas

2.3.1. Palma-de-óleo

As informações referentes a produção das espécies utilizadas ao longo do horizonte de planejamento estão apresentadas no Apêndice B. A estimativa de produção da Palma-de-óleo foi obtida a partir da produtividade média anual registrada pela empresa com observações por idade. Os valores foram transformados para toneladas de (cacho de fruto fresco) CFF por hectare a partir de índices de produtividade ajustados por idade (Fairhurst, Griffiths e Rankine, 2019a). O fruto solto é aquele que se desprende do cacho antes do evento de colheita e devido ao grau de maturação ideal para as atividades de extração ele é coletado do chão e enviado à indústria. Para o fruto solto, foi considerado uma produtividade de 8% da utilizada para o CFF.

2.3.2. Produtos florestais não madeireiros - PFNM

As produções de amêndoas de cacau, andiroba, castanha e cupuaçu foram estimadas via modelos de regressão linear simples que tiveram como variável independente a idade do plantio e como variável dependente a produção. Foram obtidos na literatura a produtividade para estas culturas no estado do Pará em diferentes idades, desta forma, para cada arranjo, a produtividade por hectare foi obtida a partir da extrapolação dos valores estimados anualmente por planta.

Para o cacau foram utilizados dados de produção expressos em kg de amêndoa beneficiada por cacaueiro, nas idades de 4, 6, 8, 10, 15 e 20 anos

(CocoaAction, Instituto Arapyaú e WRI, 2021; Gonçalves, 2021; Rego, 2016). Para a andiroba, foi utilizada nas estimativas a produtividade em kg de sementes por planta para as idades de 6, 11, 16, 21, 25 e 30 anos (CocoaAction, Instituto Arapyaú e WRI, 2021; Gonçalves, 2021). Para a castanha foi utilizada a produção de kg de amêndoa por castanheira nas idades de 5 a 26 anos (Padovan *et al.*, 2023). A produção do cupuaçu foi estimada tendo como variável independente a quantidade em kg de fruto *in natura* produzido em cada ano para as idades entre 4 a 29 anos (Chaves, 2019; Rego, 2016). Posteriormente a produção do cupuaçu foi convertida para kg de amêndoa seca por planta utilizando o fator 0,06 (Martin, 2013; SEBRAE, 1995).

2.3.4. Eucalipto

O eucalipto no sistema será conduzido para formação de estacas de madeira para serem utilizadas como tutor em mudas de Palma-de-óleo recém implantadas. Desta forma, os plantios serão conduzidos para 3 cortes aos 3, 6 e 9 anos de idade respectivamente, sendo que para a segunda e terceira rotação serão conduzidos 2 brotos principais. As estacas terão o diâmetro mínimo de 4 cm e comprimento igual a 0,8 m, sendo então calculada a altura até o diâmetro mínimo de 4 cm por meio do uso do modelo de afilamento de Kozak, Munro e Smith, (1969) e conforme ajuste de Téó, Miguel e Nascimento, (2018). O referido modelo foi obtido para plantios de eucalipto aos 7 anos de idade para um índice de produtividade médio ($I=28,75$ m) e utilizando a Ht e DAP médios obtidos por Castro *et al.*, (2018) (Equação 1). O cálculo da altura no modelo de afilamento utilizado foi realizado conforme a solução proposta por Campos e Leite, (2009) (Equação 2).

$$\frac{d_{ij}^2}{d_j^2} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_{ij}}{h_j} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_{ij}}{h_j} \right)^2 \quad (1)$$

$$\hat{h}_{ij} = \frac{-\hat{\beta}_1 \pm \sqrt{(\hat{\beta}_1 h_j)^2 - 4\hat{\beta}_2 \left(\hat{\beta}_0 h_j^2 - \frac{d_{ij}^2 h_j^2}{d_j^2} \right)}}{2\hat{\beta}_2} \quad (2)$$

d_{ij}^2 : diâmetro na altura h_{ij} ; d_j^2 : diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) da j -ésima árvore (cm); β_i : Coeficientes do modelo; $\hat{\beta}_i$: coeficientes estimados para o modelo ($\hat{\beta}_0=1,1767$; $\hat{\beta}_1=-1,7273$; $\hat{\beta}_2=0,5631$) ; h_{ij} : altura na posição i do fuste da árvore j (m) (altura onde ocorre o diâmetro mínimo); h_j : altura total da árvore j (m).

Para a segunda e terceira rotações a altura até o diâmetro mínimo também foi estimada por meio do uso do mesmo modelo de afilamento. Neste caso, para a segunda a Ht e DAP foram obtidos por meio do uso do modelo de Schumacher, (1939), ajustado por Lopes, (2012) para uso em conduções de brotação com dois brotos de eucalipto (Equação 3). Para a terceira, foi considerado um decréscimo de 10% nos valores de Ht e DAP estimados para a segunda rotação, conforme verificado por Virgens, Freitas e Luz, (2018). Desta forma, o número de estacas por hectare será obtido pela divisão da altura do fuste, onde ocorre o diâmetro mínimo, pelo comprimento da estaca (0,8 m), sendo este valor multiplicado pelo número de plantas por hectare em cada arranjo proposto.

$$y_i = e^{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I}\right)} \quad (3)$$

y_i : Dap ou altura total Ht (m); β_i : Coeficientes do modelo ($\hat{\beta}_0=1,1767$; $\hat{\beta}_1=-1,7273$); I : Idade (meses).

2.3.5. Outros produtos florestais madeireiros - PFM

A produção de madeira de andiroba, castanha, ipê e peroba será extraída no vigésimo quinto ano, ao final do horizonte de planejamento. Para tanto, a produção madeireira para estas espécies foi obtida a partir de tabelas de incremento anual de madeira utilizadas para obtenção do volume por árvore. A partir destes valores, em função das densidades de cada espécie, o total por hectare foi obtido multiplicando-se os valores de produção individuais obtidos nas tabelas pelo valor da densidade de plantio. Os valores individuais de produção estão organizados em tabelas de simples entrada e estão disponibilizadas no Anexo A (Assad *et al.*, 2020; Chave *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2012; Pereira, 2020).

2.4. Análise do fluxo de caixa, custos e receitas

As análises foram realizadas considerando horizonte de planejamento de 25 anos a partir da implantação do projeto. Para o fluxo de caixa de cada arranjo foram levantados custos, referentes aos insumos, mão de obra e maquinários utilizados nas operações de plantio, manutenção e colheita. As receitas foram projetadas considerando a comercialização dos produtos gerados ao longo dos anos. Para a Palma-de-óleo foram considerados valores de venda do CFF e fruto solto praticados pela empresa e para os demais produtos, foram utilizados preços praticados no estado do Pará e região amazônica.

2.4.1. Custos

Os custos ($\text{R}\$.ha^{-1}$) referentes às atividades operacionais realizadas nas culturas, foram obtidos a partir do custo unitário ($\text{R}\$.diária^{-1}$ ou $\text{R}\$.t^{-1}$) e rendimento operacional ($ha.diária^{-1}$ ou $t.ha^{-1}$). Para a Palma-de-óleo, valores de diárias com mão de obra e operadores de máquinas, aquisição ou produção de insumos e custo por hora de maquinário foram levantados junto a base de dados da empresa praticados no ano de 2023.

Os dados referentes aos rendimentos operacionais de cada atividade referente a Palma-de-óleo foram obtidos da literatura específica (Fairhurst, Griffiths e Rankine, 2019b; a), de forma a representar o que é praticado em plantios BMP (*Best management practices*) conduzidos na área de cultivo orgânico onde será implantado o projeto. Para atividades terceirizadas, foi utilizado o valor efetivamente pago, com transformações para a unidade utilizada no estudo ($\text{R}\$.ha^{-1}$) quando necessário.

Para as demais espécies foi utilizado o mesmo procedimento, sendo que as informações de rendimento operacional obtidas da literatura são apresentadas no Apêndice C. Os valores de mão de obra, insumo e maquinário fornecidos pela empresa foram combinados com os valores da literatura para obtenção dos custos operacionais utilizados na composição do fluxo de caixa. Adicionalmente, para operações que pudessem ser incorporadas e aplicadas ao SAFs como um todo,

foram utilizados rendimentos operacionais já validados para a cultura da Palma-de-óleo, de forma a uniformizar os valores destas variáveis.

Os componentes de custo foram classificados em 6 classes: mão de obra - custo com mão de obra interna; maquinário – custo referente a atividades mecanizadas e operador da máquina pertencentes à empresa; mão de obra e maquinário de terceiros – custo com atividades realizadas por maquinário com mão de obra terceirizada; Insumos – custos realizados com a compra, produção e transporte do insumo para o campo; estrutura – gastos com a estrutura de beneficiamento de cacau e cupuaçu foram incluídos nos anos 2 e 13; Depreciação – a depreciação da estrutura foi calculada de acordo com Andrade *et al.* (2021). O custo da terra considerado nos fluxos de caixa (770,00 R\$.ha⁻¹) foi a média de valores praticados na região. O demonstrativo com todos os componentes de custo utilizados para cada arranjo é apresentado no Apêndice D.

2.4.2. Receitas

As receitas consideradas foram obtidas a partir do valor de mercado dos produtos (R\$.unidade de produção⁻¹), comercializados ao longo do horizonte de planejamento, multiplicado pela produção (unidade de produção.planta⁻¹) (Apêndice E). Desta forma, os valores utilizados (R\$.planta⁻¹) possibilitaram obter a receita do produto em cada arranjo a partir da multiplicação direta pela densidade de plantio. Adicionalmente, visando incorporar um prêmio sobre o produto orgânico, foi utilizado um aumento de 10% nas receitas obtidas em cada arranjo com andiroba, cacau e Palma-de-óleo (Ceron e Caicedo, 2024; Mahrizal, Dixon e Popp, 2012).

Para a Palma-de-óleo o valor de mercado utilizado para o CFF e fruto solto foi a média dos valores praticados pela Agropalma S/A nos anos de 2020 a 2024 (Tabela 2). O eucalipto será utilizado internamente pela própria empresa, desta forma a receita com as estacas produzidas será o custo evitado com a confecção ou com a compra de estacas no mercado. Para os demais PFM e PFNM foram utilizados a média de preços regionalizados entre os anos de 2016 e 2023. As receitas foram atualizadas pela variação do Índice de Preços ao Consumidor (IPCA). Desta forma, foi possível simular a correção das receitas utilizando o índice de preço correspondente (IBGE, 2024).

Tabela 2 – Preço unitário considerado nas análises econômicas para todos os produtos obtidos nos SAFs com Palma-de-óleo orgânica

Produto	Unidade	Valor Utilizado	Fonte
CFF (Palma-de-óleo)*	R\$.t ⁻¹	585,53	(Agropalma S/A, 2024)
Fruto Solto (Palma-de-óleo)**	R\$.t ⁻¹	702,64	(Agropalma S/A, 2024)
Amêndoa de cacau (PFNM)	R\$.kg ⁻¹	25,00	(Andrade, 2024; IBGE, 2023a)
Amêndoa de cupuaçu (PFNM)	R\$.kg ⁻¹	35,00	(SEFAZ/AM, 2023)
Semente de andiroba (PFNM)	R\$.kg ⁻¹	7,50	(IBGE, 2023a)
Madeira de andiroba (PFM)	R\$.m ⁻³	151,63	(SEFAZ/AM, 2023)
Semente de castanha (PFNM)	R\$.kg ⁻¹	70,00	(IBGE, 2023b)
Madeira de castanha (PFM)	R\$.m ⁻³	151,63	(SEFAZ/AM, 2023)
Estaca de eucalipto (PFM)***	R\$.estaca ⁻¹	1,95	-
Ipê (PFM)	R\$.m ⁻³	4.500,00	(CEPEA, 2024)
Peroba (PFM)	R\$.m ⁻³	4.000,00	(CEPEA, 2024)

* O ano de 2022 foi retirado do cálculo do preço médio por indicação da Empresa pois representa um *outlier* devido à alta de preços resultante da pandemia de covid-19;

** O valor médio da tonelada de fruto solto na época do estudo foi 20% maior que o valor pago pelo CFF;

*** Valor disponibilizado pela Agropalma S/A.

2.5. Análise econômica

O desempenho econômico dos arranjos de SAFs foi realizado por meio dos seguintes critérios de avaliação: Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR); Valor Anual Equivalente (VAE); Razão Benefício/Custo (Razão B/C) e Payback Descontado (PD). Todos estes critérios consideram a variação do valor do capital no tempo, sendo para tanto utilizado a TMA de 6% ao ano, o que representa a taxa utilizada pela empresa para projetos (Gonçalves, 2021).

O VPL (Equação 4), considera os valores constantes no fluxo de caixa descontados pela TMA. A diferença entre receitas e custos atualizados permite realizar uma comparação entre o investimento realizado com as receitas geradas pelo caixa do projeto. O projeto é viável quando $VPL > 0$ (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013; Silva e Fontes, 2005; Virgens, Freitas e Leite, 2016).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (4)$$

Em que: R_j = valor das receitas; C_j = valor dos custos; i = taxa de juros (TMA); j = período que os custos e receitas ocorrem; n = número de períodos ou duração do projeto em anos.

A TIR (Equação 5), é a taxa de juros que se utilizada no projeto torna o VPL = 0, ou seja, as receitas e custos são iguais quando descontados por esta taxa para o tempo inicial do projeto. É a taxa que representa o retorno percentual do capital investido e indica que o projeto é viável quando $TIR > TMA$ (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013; Gonçalves, 2021).

$$TIR = Capital - \sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (5)$$

Em que: Capital = Valor do investimento; F_j = entrada de capital no período; i = taxa de juros; j = período que os custos e receitas ocorrem; n = número de períodos ou duração do projeto em anos (períodos).

O VAE (Equação 6), é um critério de avaliação que transforma o VPL do projeto num fluxo de receitas periódicas e contínuas durante a vida útil do projeto e apresenta viabilidade $VAE > 0$ (Gonçalves, 2021; Silva e Fontes, 2005; Virgens, Freitas e Leite, 2016).

$$VAE = \frac{VPL[(1+i)^t - 1]}{1 - (1+i)^{-nt}} \quad (6)$$

Em que: VPL = Valor Presente Líquido; i = taxa de juros; n = número de períodos ou duração do projeto em anos; t = número de períodos de capitalização ao longo do ano.

A Razão B/C (Equação 7) é o critério obtido pela razão entre os valores atuais das receitas e dos custos (benefício/custo) do projeto, sendo viável quando Razão B/C > 1 (Gonçalves, 2021; Virgens, Freitas e Leite, 2016).

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}} \quad (7)$$

Em que: R_j = valor das receitas; C_j = valor atual dos custos; i = taxa de juros; j = período que os custos e receitas ocorrem; n = número de períodos ou duração do projeto em anos.

O PD representa o tempo necessário para a recuperação do capital investido, à taxa de juros escolhida. É um critério útil para desempatar situações com VPL parecidas e a recuperação rápida de caixa se torne interessante (Gonçalves, 2021; Virgens, Freitas e Leite, 2016). Após o cálculo de todos os critérios de análise, foram escolhidos dois arranjos com melhor desempenho econômico, dois arranjos considerados como escolha estratégica pela empresa e o monocultivo orgânico com Palma-de-óleo para que sejam submetidos a análises de sensibilidade.

2.6. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade dos dados de custos e receitas foi realizada por meio de simulações utilizando o Método de Monte Carlo. Este método permite a incorporação de incertezas no processo de tomada de decisão, fornecendo uma análise probabilística dos possíveis resultados financeiros de cada arranjo escolhido permitindo realizar avaliações de risco (Gonçalves, 2021) (Figura 2). Foram utilizadas como variáveis de entrada no modelo paramétrico àquelas referentes a itens de custo, preço, produtividade e TMA, sendo as variáveis de saída o VPL e a TIR (Apêndice F). A partir desse conjunto de variáveis foi realizada uma simulação com 5000 iterações utilizando a distribuição de probabilidade uniforme para gerar variações aleatórias na base de dados de entrada. Para tanto, foi utilizado o software @RISK®, em ambiente do Microsoft Office Excel® (Palisade Corporation, 2010).

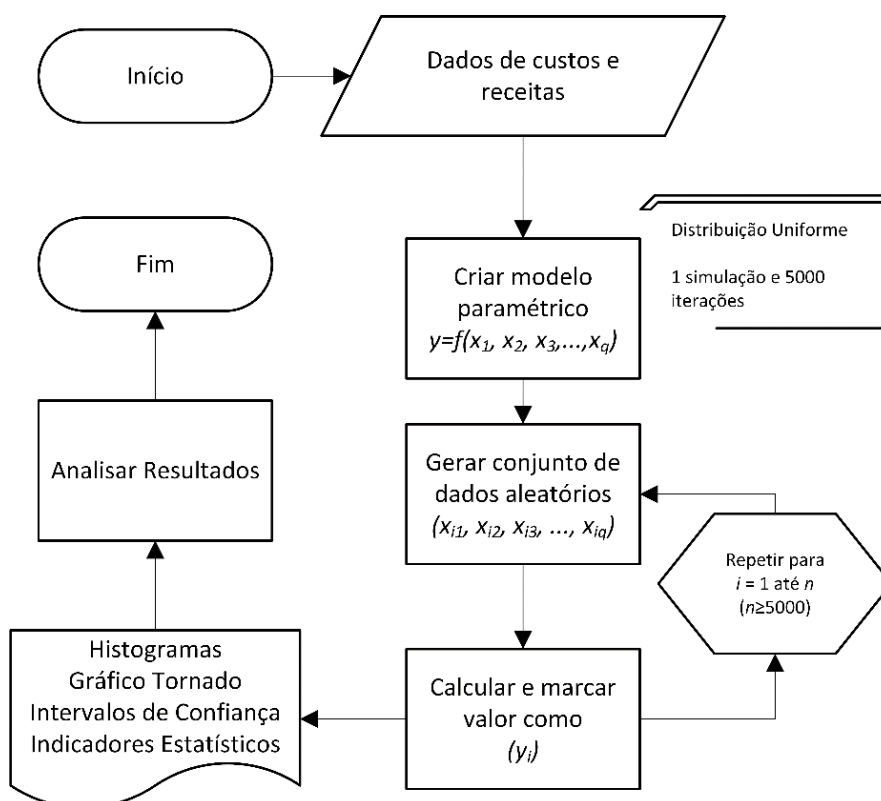


Figura 2 - Fluxograma simplificado para o método de Monte Carlo.
Fonte: Adaptado de Platon e Constantinescu (2014).

A base de dados de entrada foi configurada para sofrer variação de $\pm 20\%$ nos seus valores (Bentes-Gama et al., 2005; Virgens, Freitas e Silva, 2021). Desta forma, o impacto no lucro resultante desta simulação de valores aleatórios para as variáveis de receitas e custos pode ser analisado. Para verificar a magnitude deste impacto foram gerados histogramas para a visualização da distribuição dos resultados e gráficos de tornado visando fornecer uma compreensão sobre o impacto das variações das variáveis de entrada no VPL e TIR. Os coeficientes de regressão múltiplos obtidos a partir da análise de tornado permitem avaliar a influência das variáveis de entrada nos cenários simulados. Desta forma, foi possível gerar um *ranking* de influência de cada uma destas variáveis no resultado final.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fluxo de Caixa

Ao avaliar os componentes de custos estratificados por fase ao longo do horizonte de planejamento, é possível verificar que os valores referentes à adubação e colheita são os mais expressivos seguidos pelos custos efetuados com controle de pragas doenças e matocompetição (Tabela 3). Resultados semelhantes foram

observados por Ningsih, Lubis e Manurung, (2019). Quando a fertilização se destaca como componente crítico no cultivo de dendezeiros, representando aproximadamente 30% a 50% dos custos totais de produção.

O uso de fertilizantes orgânicos representa custo significativo no cultivo orgânico de dendê, seja esta fertilização realizada por meio de produtos comerciais ou através de compostos fabricados internamente. Esses insumos podem aumentar os custos de produção, mas são cruciais para manter a certificação orgânica e equilibrar a qualidade química e biológica do solo no longo prazo. Adicionalmente, a integração de práticas orgânicas, como o uso de fertilizantes orgânicos e biopesticidas, também exige mão de obra qualificada para garantir a aplicação e o manejo adequados, aumentando custos com mão de obra (Suriya e Bastian, 2020).

Tabela 3 – Custos das diferentes fases expressos como percentual do custo total, separados por fase e por arranjo de SAFs avaliado durante todo horizonte de planejamento (25 anos)

Fase	CA1	CA2	CA3	CE4	CE1	CE2	CE3	CP1	CP2	Mono ⁴
Adubação	23,29%	22,73%	23,43%	23,42%	23,66%	23,40%	23,61%	26,21%	26,53%	27,53%
Colheita	22,47%	20,66%	23,40%	24,02%	24,06%	23,25%	22,55%	23,49%	26,42%	40,75%
Colheita e beneficiamento ¹	15,69%	17,49%	15,26%	14,59%	14,27%	14,98%	15,75%	12,93%	10,83%	
Colheita, Traçamento e baldeio ²	0,03%	0,14%	0,08%	0,19%	0,16%	0,08%	0,39%	0,03%	0,02%	
Drenagem ³	2,65%	2,43%	2,76%	2,83%	2,83%	2,74%	2,66%	2,77%	3,11%	4,80%
Manutenção	4,46%	4,06%	3,80%	4,28%	3,63%	4,32%	3,80%	3,81%	3,53%	1,89%
Mato competição	11,51%	11,23%	11,82%	11,94%	12,31%	11,75%	11,79%	11,89%	12,53%	15,37%
Pragas e Doenças	14,56%	15,61%	14,53%	13,63%	13,86%	14,41%	14,20%	14,66%	13,36%	5,22%
Plantio	3,07%	3,38%	3,15%	3,10%	3,14%	3,13%	3,31%	3,10%	2,88%	1,58%
Preparo de Área	2,29%	2,25%	1,78%	1,99%	2,07%	1,96%	1,93%	1,10%	0,79%	2,86%

Fonte: O autor;

¹ Custos referentes à colheita e beneficiamento de cacau, castanha, andiroba e cupuaçu quando presentes no sistema;

² Custos referentes à colheita, traçamento e baldeio de eucalipto, andiroba, castanha, ipê e peroba quando presentes no sistema;

³ Custos referentes a drenagem de água pluvial;

⁴ Mono se refere ao monocultivo da Palma-de-óleo no manejo orgânico.

O componente de custo referente à colheita engloba as atividades responsáveis por disponibilizar o CFF na borda da parcela para transporte até a indústria. Neste sentido, a atividade de colheita manual representa uma grande parcela deste custo (média de 16,45% do custo total com colheita nos arranjos avaliados). No caso específico da monocultura (Tabela 3), o custo percentual com atividades de colheita (40,75%) reflete o impacto da atividade manual no custo total, pois a maior densidade de plantas de Palma-de-óleo resultou em maior custo percentual na colheita.

Wenzel et al., (2024) comentam que a mão de obra é um importante componente de custo nos SAFs orgânicos com Palma-de-óleo. A implantação e manutenção de diversas culturas aumenta a necessidade deste componente de custo quando comparado com os sistemas em monocultivo. Isso é particularmente verdadeiro em sistemas em que a utilização de insumos químicos para o manejo de pragas, mato competição e fertilização é reduzido como no caso dos cultivos orgânicos. Adicionalmente, Alves et al., (2015) também observaram maiores gastos de mão de obra ao avaliar diferentes arranjos SAFs com Palma-de-óleo no estado de Roraima.

Os fluxos de caixas descontados (FCD) obtidos para os arranjos de SAFs testados estão no Apêndice G. As análises destes resultados indicam que para todos estes arranjos, o tempo de retorno de capital foi acima do décimo quinto ano, com exceção monocultivo orgânico, que apresentam Payback Descontado maiores que o horizonte de planejamento do estudo (25 anos) (Tabela 4).

Comparando estes resultados com aqueles obtidos sem o Custo da Terra, percebe-se a influência desta variável na recuperação do capital. A viabilidade econômica dos sistemas agroflorestais é determinada por vários fatores, incluindo o custo da terra, que afetam também a lucratividade geral e a sustentabilidade desses projetos. Este é um componente de custo fixo em sistemas agroflorestais, sendo que valores altos podem aumentar o investimento inicial necessário, inviabilizando para os pequenos agricultores adotarem práticas agroflorestais (Atangana et al., 2014a; Louman et al., 2024).

Tabela 4 – Valores obtidos para o critério Payback Descontado evidenciados em função da presença do valor do custo da terra

Arranjo	Payback Descontado (anos)	
	Com Custo da Terra	Sem Custo da Terra
CA1	20	19
CA2	18	17
CA3	19	17
CE1	19	17
CE2	20	18
CE3	16	14
CE4	17	16
CP1	17	16
CP2	18	16
Monocultivo orgânico	26	18

Fonte: O autor.

Embora esta variável seja um fator significativo no fluxo de caixa de projetos SAFs e possam indicar uma barreira para a adoção desses sistemas, eles não são o único determinante de viabilidade. A escolha das espécies, fatores operacionais e condições de mercado e das partes interessadas também devem ser considerados (Stubblefield, 2021). Portanto, uma abordagem abrangente que considere todos esses fatores é essencial para análises e implementação bem-sucedida de SAFs.

Embora nos SAFs orgânicos com Palma-de-óleo os custos de produção sejam significativamente maiores, principalmente nas fases de mato competição e colheita (Tabela 3), esses sistemas oferecem benefícios potenciais em termos de sustentabilidade e lucratividade. Estes benefícios se relacionam com mercado e preço diferenciado para o produto orgânico. Desta forma, a integração de diversas culturas pode maximizar o rendimento proporcional do sistema como um todo, compensando os altos custos iniciais, exigindo, no entanto, uma gestão cuidadosa do investimento para alcançar a viabilidade econômica.

3.2. Análise Econômica

A análise econômica foi realizada com a TMA de 6% sendo que os resultados dos critérios avaliados, com e sem o custo da terra apresentados na Tabela 5. Embora o custo da terra tenha influenciado no PD, atrasando o tempo de

retorno de capital ou até mesmo inviabilizando algum arranjo (monocultivo com Palma-de-Óleo Orgânica), a ordem para a magnitude da viabilidade não foi alterada por este componente de custo.

Tabela 5 – Resultado para os critérios de análise financeira com e sem custo da terra ordenado os arranjos avaliados em ordem decrescente de retorno financeiro e viabilidade

Com Custo da Terra					
Arranjo	VPL	VAE	TIR	Razão B/C	PD
CE3	50.373,50	3.940,55	10,92	1,23	16
CE4	42.759,34	3.344,92	9,91	1,19	17
CA2	40.496,98	3.167,95	9,44	1,17	18
CE1	36.587,49	2.862,12	9,21	1,16	19
CP1	34.714,84	2.715,63	9,53	1,15	17
CA3	31.602,96	2.472,20	8,91	1,14	19
CP2	29.584,93	2.314,33	9,29	1,13	18
CE2	29.250,38	2.288,16	8,36	1,11	20
CA1	26.494,40	2.072,57	8,11	1,11	20
Monocultivo	-122,95	-9,62	5,92	0,99	26
Sem Custo da Terra					
Arranjo	VPL	VAE	TIR	Razão B/C	PD
CE3	60.986,69	4.770,79	12,11	1,30	14
CE4	53.372,53	4.175,16	11,04	1,23	16
CA2	51.110,17	3.998,18	10,34	1,23	17
CE1	47.200,68	3.692,35	10,25	1,21	17
CP1	45.328,02	3.545,86	10,61	1,20	16
CA3	42.395,87	3.316,49	10,03	1,19	17
CP2	40.198,11	3.144,57	10,42	1,18	16
CE2	39.863,57	3.118,40	9,29	1,15	18
CA1	37.107,59	2.902,80	9,03	1,16	19
Monocultivo	10.490,24	820,62	8,01	1,11	18

VPL = Valor Presente Líquido (R\$.ha⁻¹); TIR = Taxa Interna de Retorno (% ao ano); VAE = Valor Anual Equivalente (R\$.ha⁻¹.ano⁻¹); Razão B/C = Razão Benefício Custo (% ao ano); VAE = Valor Anual Equivalente (R\$.ha⁻¹.ano⁻¹) e PD = Payback Descontado (anos).

Com base nos resultados das análises econômicas, os arranjos escolhidos para a etapa de análise de sensibilidade pelo critério da viabilidade são os arranjos CE3 e CE4, sendo que os arranjos CP1 e CA1 foram os escolhidos pela empresa, além da Palma-de-óleo em monocultivo orgânico, como referência comparativa. Pelo

critério de viabilidade os arranjos escolhidos apresentaram os melhores valores para VPL, TIR, Razão B/C e os menores tempos de retorno. Do ponto de vista da empresa, o arranjo CP1 apresenta o cupuaçu como um dos componentes, constituindo produto de interesse da empresa como possível substituto para fabricação de manteiga de cacau para indústria alimentícia ou cosmética. No arranjo CA1, por sua vez, não há a presença do eucalipto, sendo também arranjo adaptável para implantação em menor escala junto a produtores parceiros.

Os resultados econômicos obtidos apresentaram viabilidade para todos os arranjos testados, com exceção da Palma-de-óleo no monocultivo orgânico, quando se considera o custo da terra. No entanto, Sánchez, Lozano e García, (2005) verificaram que terra e capital não são recursos comparáveis. Para estes autores, quando há excesso de terra em relação às restrições de capital, soluções racionais são alcançadas, partindo para a aplicação em larga escala. Neste caso, outros fatores tais como VPL, TIR e a Razão C/B dos sistemas agroflorestais devem ser avaliados (Atangana et al., 2014). Desta forma, o risco associado aos investimentos com estrutura de capital dependentes do custo da terra pode ser mitigado por meio da diversificação e do planejamento estratégico, práticas inerentes aos SAFs. Estas estratégias proporcionam a diluição do risco e aumentam a resiliência econômica, mesmo quando os custos da terra são significativos (Junior et al., 2008).

Neste sentido, avaliando o desempenho dos diferentes indicadores com o custo da terra, verifica-se resultados inferiores de viabilidade para o monocultivo orgânico. Resultados semelhantes foram obtidos por Khasanah et al., (2020), avaliando SAFs com Palma-de-óleo, pimenta e cacau na Indonésia quando observaram valores positivos e superiores nos SAFs para os indicadores VPL e Razão B/C, quando comparado com monocultivo. O ordenamento obtido a partir do VPL foi idêntico ao VAE pois os projetos avaliados possuem o mesmo horizonte de planejamento. A TIR para todos os arranjos testados foi positiva e maior que no monocultivo, indicando a rentabilidade proporcionada pela diversificação presente nos SAFs testados. Resultados semelhantes foram observados por Gonçalves, (2021), ao avaliar SAFs com Palma-de-óleo, cacau e culturas de ciclo curto (milho e mandioca).

A análise do PD apresenta o mesmo padrão dos demais critérios, com valores superiores para os SAFs quando comparados com monocultivo. Neste caso, menor tempo de retorno do capital nos SAFs ocorre naqueles arranjos onde há presença

do eucalipto e cacau, indicando que a presença de espécies com produção já no terceiro ano em conjunto com a Palma podem impactar positivamente o fluxo de caixa com retorno financeiro significativo. Outro fator a ser considerado é a receita obtida a partir do custo evitado com a compra de estacas de eucalipto. Os custos com a produção das estacas de eucalipto *in loco* a partir dos arranjos SAFs são menores, devido à baixa necessidade de mão de obra e insumos necessários ao manejo da espécie quando comparado com as outras do sistema.

Resultados semelhantes foram obtidos por Khasanah et al., (2020), que observaram fluxo de caixa positivo mais cedo em SAFs com Palma-de-óleo, cacau e pimenta quando comparado com monocultivo. A análise econômica em SAFs, ao avaliar a viabilidade e os benefícios de práticas agrícolas diversificadas, permite comparar estes sistemas com monoculturas tradicionais, ou seja, a análise econômica auxilia na identificação de sistemas que otimizam o uso da terra e a eficiência de recursos (Braga et al., 2024; Khasanah et al., 2020; Masure et al., 2023).

3.3. Análise de Sensibilidade

Os resultados dos níveis de probabilidade do risco de inviabilidade econômica calculado para os arranjos avaliados são apresentados na Tabela 6. Os histogramas para análise de sensibilidade do monocultivo orgânico e dos SAFs com o custo da terra estão no Apêndice H. Ao avaliar os histogramas obtidos para o VPL, percebe-se que a probabilidade de ocorrer cenários com valores superiores a 60 mil R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ é bem distinta entre os arranjos testados, e acompanha o ranking dos resultados econômicos. Neste sentido, melhores probabilidades são observadas naqueles sistemas com a presença de cacau e eucalipto, e com maior diversificação com espécies que geram renda. O Mesmo padrão é observado quando se avalia a probabilidade de se obter TIR maior que 10% a.a. O monocultivo orgânico foi o modelo de produção em que se observou a menor possibilidade de ocorrer estes valores para os critérios econômicos.

Tabela 6 - Probabilidade de ocorrer arranjos com VPL ou TIR inviáveis de acordo com as simulações realizadas pelo método de Monte Carlo

Arranjos	VPL (inviável) ¹	TIR (inviável) ²	Distâncias e Espaçamentos ³	Espécies Presentes
CE3	3,4%	2,8%	4L 24m (94 n/ha)	Cacau; Eucalipto; Andiroba e Palma
CE4	6,9%	6,3%	8L 30m (105 n/ha)	Cacau; Eucalipto; Castanha e Palma
CP1	13,6%	12,9%	4L 18m (107 n/ha)	Cupuaçu; Andiroba e Palma
CA1	22,1%	21,4%	4L 18m (107 n/ha)	Cacau; Andiroba e Palma
Monocultivo ³	51,9%	50,1%	(143 n/ha)	Palma

Fonte: O autor;

¹ Risco percentual de ocorrer VPL inviável considerando universo de 5000 iterações;

² Risco percentual de ocorrer TIR inviável considerando universo de 5000 iterações;

³ Onde L representa o número de linhas de Palma em cada faixa e m a distância em metros entre faixas de Palma;

⁴ Monocultivo orgânico com Palma-de-óleo.

A partir desta análise percebe-se que aqueles arranjos com melhor desempenho econômico também obtiveram menor risco associado (CE3 e CE4). Nas simulações realizadas, quando as variáveis de entrada variam $\pm 20\%$, estes arranjos apresentam menor probabilidade de serem inviáveis economicamente. Por outro lado, mesmo excluindo o custo da terra, o monocultivo orgânico apresenta maior risco de adoção, com nível de probabilidade de apresentar VPL e TIR inviáveis acima de 50%, resultados similares foram obtidos na análise com custo da terra (Tabela 6). Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves, (2021), evidenciando que o monocultivo com Palma-de-óleo convencional apresentou-se como investimento mais arriscado quando comparado com SAFs que incorporavam cacau, andiroba e culturas anuais com milho e mandioca.

As informações da Tabela 6 também permitem concluir a respeito da relação existente entre a diversificação e a menor probabilidade de risco. Neste caso, esta diversificação resulta num maior número de espécies que proporcionam receita o que reduz a dependência de uma única safra e mitiga os riscos associados às flutuações dos preços de mercado, permitindo a esses sistemas melhores retornos

econômicos a longo prazo (Junior et al., 2008; Louman et al., 2024; Masure et al., 2023). Para Khasanah et al., (2020), a diversificação na produção de Palma-de-óleo se consolida como viável, sugerindo que sistemas mistos podem proteger produtores contra incertezas de preços e riscos associados à produção, proporcionando assim sistemas agrícolas com maior resiliência quando comparados com monoculturas do setor.

A análise de sensibilidade realizada por meio de 5 mil iterações das variáveis de entrada impactou os critérios econômicos avaliados gerando equações das quais foram derivados os coeficientes de regressão utilizados nesta análise. Esses coeficientes permitem determinar qual a magnitude da influência das variáveis de entrada nos resultados do VPL (Tabela 7) e da TIR (Tabela 8). Os coeficientes de regressão podem ser positivos ou negativos. Neste sentido, um coeficiente maior se correlaciona com impacto positivo no VPL ou TIR. Por outro lado, quando o coeficiente é menor que zero, isso significa que o critério econômico é impactado negativamente (Gonçalves, 2021; Platon e Constantinescu, 2014).

As variáveis relacionadas com produtividade e preço para a Palma-de-óleo e cacau/cupuaçu foram as variáveis com maior influência positiva nos resultados do VPL e da TIR. Neste caso, aumento de 10% na produtividade da Palma-de-óleo promoveria aumento de 4,6 a 4,8% no VPL e de 4,9 a 5,1% na TIR dos arranjos analisados. Aumentando em 10% a produtividade do cacau/cupuaçu os aumentos seriam da ordem de 4,1 a 4,3% para o VPL e 3,8 a 4,3% para a TIR.

Em seguida, com menor influência, está o custo com mão de obra que afeta de forma negativa o VPL e a TIR, ou seja, aumentos de 10% nos custos com mão de obra resultam em decréscimo de 2,7% no VPL e de 3,3% na TIR. A TMA impacta de forma mediana os resultados econômicos, no entanto é uma variável sensível pois influencia o valor presente dos fluxos de caixa futuros. Por último, de forma menos expressiva, estão as variáveis relacionadas com fertilizantes e maquinário de terceiros. Os gráficos de tornado com os coeficientes de regressão obtidos para todas as variáveis de entrada são apresentados no Apêndice I.

Tabela 7 - Influência das variáveis de entrada nos valores do VPL de acordo com os coeficientes de regressão gerados na análise de sensibilidade dos arranjos e monocultivo orgânico

Variável de Entrada	VPL				
	CE3	CE4	CP1	CA1	Monocultivo ²
Produtividade da Palma (t.ha ⁻¹)	0,46	0,46	0,48	0,46	0,69
Produtividade do Cacau (kg.Planta ⁻¹)	0,41	0,41	-	0,43	-
Preço CFF (R\$.t ⁻¹)	0,41	0,43	0,43	0,41	0,62
Preço (Cacau Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)	0,41	0,43	-	0,43	-
Preço (Cupuaçu Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)	-	-	0,42	-	-
Prod. do Cupuaçu (kg.Planta ⁻¹)	-	-	0,42	-	-
TMA do Projeto (%)	-0,36	-0,31	-0,29	-0,31	-0,12
Mão de Obra (R\$.diária ⁻¹)	-0,27	-0,28	-0,28	-0,28	-
Fertilizantes (R\$.t ⁻¹) ¹	-0,13	-0,14	-0,15	-0,14	-0,14
Maquinário de Terceiros (R\$.ha ⁻¹)	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,16

Fonte: O autor;

¹ Fertilizante se refere ao custo de produção de composto na empresa;

² Monocultivo orgânico de Palma-de-óleo.

Tabela 8 - Influência das variáveis de entrada nos valores da TIR de acordo com os coeficientes de regressão gerados na análise de sensibilidade dos arranjos e monocultivo orgânico

Variável de Entrada	TIR				
	CE3	CE4	CP1	CA1	Monocultivo ²
Produtividade da Palma (t.ha ⁻¹)	0,49	0,51	0,49	0,49	0,73
Produtividade do Cacau (kg.Planta ⁻¹)	0,41	0,38	-	0,44	-
Preço CFF (R\$.t ⁻¹)	0,44	0,46	0,45	0,45	0,66
Preço (Cacau Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)	0,41	0,38	-	0,44	-
Preço (Cupuaçu Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)	-	-	0,43	-	-
Produtividade do Cupuaçu (kg.Planta ⁻¹)	-	-	0,43	-	-
TMA do Projeto (%)	-	-	-	-	-
Mão de Obra (R\$.diária ⁻¹)	-0,33	-0,32	-0,31	-0,32	-0,22
Fertilizantes (R\$.t ⁻¹) ¹	-0,16	-0,16	-0,17	-0,15	-0,14
Maquinário de Terceiros (R\$.ha ⁻¹)	-0,19	-0,19	-0,16	-0,17	-0,17

Fonte: O autor;

¹ Fertilizante se refere ao custo de produção de composto na empresa;

² Monocultivo orgânico de Palma-de-óleo.

A influência da produtividade e do preço do CFF no VPL e na TIR é maior no monocultivo orgânico, sendo percebidos aumentos da ordem de 6,2 a 6,9% no VPL e 6,6 a 7,3% na TIR, quando se aumenta em 10% o preço do CFF e a produtividade da Palma-de-óleo, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves, (2021), quando o preço do CFF foi a variável de entrada que mais influenciou o VPL em cultivos convencionais. Para Svatoňová, Herák e Kabutey, (2015), o preço do CFF e a taxa de desconto foram as variáveis que mais influenciaram o VPL em monocultivos com Palma-de-óleo. Na simulação realizada por estes autores, o VPL é mais afetado por mudanças no preço de venda do CFF do que por variações nos custos de capital. Estes resultados indicam que as flutuações nos preços de mercado para o CFF poderão ter impacto significativo nos resultados financeiros do arranjo de SAFs.

Embora o monocultivo orgânico tenha apresentado desempenho inferior comparado aos demais modelos produtivos avaliados, analisando a base de dados simulada percebe-se que é possível obter VPL positivos, principalmente melhorando a produtividade destes plantios (Tabela 7). Os dados simulados mostram que para alcançar valores de VPL entre 45 e 60 mil R\$.ha⁻¹.ano⁻¹, a produtividade deve ser aumentada em média 12,5%. Neste caso, de acordo com Fairhurst, Griffiths e Rankine, (2019a), os níveis de produtividade a serem alcançados com este aumento percentual estariam classificados entre as classes “Bom” e “Excelente”. Desta forma, ações que resultam em maior produtividade, tais como aquelas referentes às BMP (*Best management practices*) para a Palma-de-óleo, poderiam ser utilizadas e beneficiariam os resultados econômicos do arranjo a ser implantado.

Considerando suas características de investimento de longo prazo, as avaliações da viabilidade econômica dos SAFs apresentam maior complexidade e demandam metodologias que superam as análises comparativas padrão normalmente utilizadas. Portanto, a análise de risco contribui para uma avaliação mais refinada das possíveis dinâmicas de custos e de mercado, promovendo assim uma análise aprofundada de vários cenários de aplicação. O método de Monte Carlo, como ferramenta de apoio a tomada de decisão, auxiliou na compreensão da distribuição de probabilidade dos resultados financeiros possíveis, melhorando significativamente a compreensão dos riscos financeiros quando se estuda a adotabilidade de SAFs. Desta forma, melhor gerenciamento de riscos em projetos agroflorestais pode ser alcançado (Junior *et al.*, 2008).

4. CONCLUSÕES

Os custos com adubação e colheita foram, os mais expressivos dentre os componentes de custo avaliados. O custo da terra influencia negativamente a viabilidade econômica expressa pelo VPL, TIR, Razão B/C e no Payback Descontado (PD), de forma que ao ser retirada da análise todos os arranjos de SAFs apresentaram melhora nestes critérios econômicos.

Os arranjos de SAFs com Palma-de-óleo, onde havia também a presença das espécies cacau e eucalipto juntas como prioridade de plantio, apresentaram o melhor desempenho para os critérios econômicos.

Os arranjos de SAFs com maior diversificação de espécies que geram receitas e que possuem faixas com maiores distâncias entre as linhas de Palma-de-óleo, apresentaram resultados superiores para todos os critérios econômicos avaliados e menores riscos associados à sua implantação.

A partir das simulações realizadas com simulação verificou-se que as variáveis de entrada com maior influência no resultado do VPL e TIR foram Produtividade da Palma, Produtividade do Cacau, Preço CFF e Preço do Cacau ou Cupuaçu Amêndoa.

REFERÊNCIAS

AGROPALMA S/A. **Departamento de pesquisa em fitossanidade. Dados da estação meteorológica do departamento I.** [s.l.] Agropalma S/A, 2021.

AGROPALMA S/A. **Valor efetivamente pago pelo CFF.** Disponível em: <https://www.agropalma.com.br/wp-content/uploads/2024/08/precos_cff_site_2020_2024-portugues.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ALVES, A. B.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOPES, A. D. O.; VAZANO, R. M. B.; LUCAS, J. G. S. **Implantação de Cultivos Intercalares com Palma de Óleo (Dendê) em Roraima.** Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2015.

ANDRADE, J. C. DE P.; SOUZA, P. S. V. N.; ESTIVAL, K. G. S.; MARQUES, A. C.; SCHIAVETTI, A.; BENAVIDES, Z. A. C.; VOGEL, J. M. A produção de cacau como meio de geração de renda e de recuperação ambiental da mata atlântica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e25110413820, 2021.

ANDRADE, I. **Mercado do cacau.** Disponível em: <<https://mercadodocacau.com.br/cotacoes/>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ANJOS, Y.; MARTINS, G. Custo de produção do milheto em cultivo convencional e consorciado com crotalária e nabo forrageiro. **Ciências Multidisciplinares**, v. 1, p. 1–12, 2021.

ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PAVÃO, E. DE M.; GUSSON, E.; SILVA, J. P. DA; PRADO, A.; PONTES, C.; BIDERMAN, R.; ESTURBA, T.; ROMEIRO, V. **Greenhouse Gas Protocol Calculation Tool for Forestry in Brazil.** Rio de Janeiro: WRI Brasil, 2020.

ATANGANA, A.; KHASA, D.; CHANG, S.; DEGRANDE, A. Economics in Agroforestry. **Tropical Agroforestry**, p. 291–322, 2014.

BENTES-GAMA, M. DE M.; SILVA, M. L. DA; VILCAHUAMÁN, L. J. M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste- RO. *Revista Árvore*, v. 29, n. 3, p. 401–411, jun. 2005.

BORDEAUX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BRAGA, D. P. P.; MICCOLIS, A.; RAMOS, H. M. N.; CUNHA, L. F.; SOUSA, L. V. F. DE; MARQUES, H. R. Implications of smallholder livelihoods for scaling oil palm agroforestry in Brazilian Eastern Amazon. **World Development Sustainability**, v. 4, p. 100128, 2024.

CALDERÓN-BALCÁZAR, A.; CÁRDENAS, C. D.; DÍAZ-VASCO, O.; FANDIÑO, E.; MÁRQUEZ, T.; PIZANO, C. Biomass and carbon stocks of four vegetation types in the Llanos Orientales of Colombia (Mapiripán, Meta). **Trees, Forests and People**, v. 12, p. 100380, 2023.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**. Viçosa: UFV, 2009.

CASTRO, C. A. DE O.; NUNES, A. C. P.; SANTOS, O. P. DOS; RESENDE, R. T.; SANTOS, G. A. DOS; RESENDE, M. D. V. DE; CRUZ, C. D. Comportamento da interação genótipos por locais aos três e nove anos em clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 120, 2018.

CEPEA. **Informativo CEPEA - Setor Florestal**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/florestal.aspx>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

CERON, A. C.; CAICEDO, G. D. Análisis comparativo de rentabilidad de los sistemas productivos de cacao orgánico y convencional en el municipio de Algeciras, Huila. **Agricolae & Habitat**, v. 7, n. 1, p. 7–21, 20 jun. 2024.

CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H. C.; BAKER, T. R.; EASDALE, T. A.; STEEGE, H. TER; WEBB, C. O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, v. 16, n. 6, p. 2356–2367, 2006.

CHAVES, S. F. S. **Sistema Agroflorestal (SAFs) como cenário para seleção de matrizes de cupuaçuzeiro e mogno brasileiro**. Belém: [s.n.].

CHERUBIN, M. R. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. [s.l.] Universidade de São Paulo - USP, 2022.

COCOACTION; INSTITUTO ARAPYAUÍ; WRI. **Viabilidade econômica de sistemas produtivos com cacau: Cabruca, Pleno Sol e Sistemas Agroflorestais nos estados da Bahia e do Pará**. Brasil: CocoaAction Brasil (WCF), Instituto Arapyaú, WRI Brasil, 2021.

CONNOR, J. D.; SUMMERS, D.; REGAN, C.; ABBOTT, H.; LINDEN, L. VAN DER; FRIZENSCHAF, J. Sensitivity analysis in economic evaluation of payments for water and carbon ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 54, p. 101416, 2022.

COSTA, C.; COSTA, I.; COSTA, M.; LIMA, B.; SOUZA, G.; SILVA, R. Criteria for scaling up oil palm agroforestry in northeastern Pará, Brazil. **Tropical Forest Issues**, n. 62, 2024.

DADALTO, G. G.; XAVIER, E. L. M. **Coeficientes técnicos de produtos e atividades agrícolas no Estado do Espírito Santo**. Vitória (ES): Incaper, 2008.

DARKWAH, D. O.; ONG-ABDULLAH, M.; DARKWAH, D. O.; ONG-ABDULLAH, M. Sustainability of the Oil Palm Industry. **Elaeis guineensis**, 2021.

DO, H.; LUEDELING, E.; WHITNEY, C. Decision analysis of agroforestry options reveals adoption risks for resource-poor farmers. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, n. 3, p. 1–12, 2020.

FAIRHURST, T.; GRIFFITHS, W.; RANKINE, I. **TCCL Field Handbooks. Oil Palm - Mature**. [s.l]: TCCL, 2019.

_____. **TCCL Field Handbooks. Oil Palm - Agronomy**. [s.l]: TCCL, 2019.

GÓMEZ, A. M.; PARRA, A.; PAVELSKY, T. M.; WISE, E.; VILLEGAS, J. C.; MEIJIDE, A. Ecohydrological impacts of oil palm expansion: a systematic review. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 3, p. 033005, 2023.

GONÇALVES, L. M. S. **Análise técnica e econômica do cultivo de Elaeis guineensis Jacq. em sistema agroflorestal**. Viçosa, MG: 2021.

GOSLING, E.; KNOKE, T.; REITH, E.; REYES CÁCERES, A.; PAUL, C. Which Socio-economic Conditions Drive the Selection of Agroforestry at the Forest Frontier? **Environmental Management**, v. 67, n. 6, p. 1119–1136, 2021.

HERMIN, S. L.; K SAHIDE, M. A.; -, S.; YONARIZA, Y.; MUTOLIB, A.; YURIKE, Y. How about integrating tree crops into your oil palm plantation? **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 583, n. 1, p. 012037, 2020.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal - PAM (Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes)**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2023a.

_____. **Produção Agrícola Municipal - PAM (Tabela 289 - Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo)**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2023b.

_____. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=calculadora-do-ipca>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

JUNIOR, L. C.; REZENDE, J.; OLIVEIRA, A.; BORGES, L.; SOUZA, A. Agroforest system investment analysis under risk. **Cerne**, v. 14, 2008.

KHASANAH, N.; NOORDWIJK, M. VAN; SLINGERLAND, M.; SOFIYUDIN, M.; STOMPH, D.; MIGEON, A. F.; HAIRIAH, K. Oil Palm Agroforestry Can Achieve

Economic and Environmental Gains as Indicated by Multifunctional Land Equivalent Ratios. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, p. 479148, 2020.

KOUSSIHOUÈDÉ, H.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; AHOLOUKPÈ, H.; BARTHÈS, B.; CHAPUIS-LARDY, L.; JASSOGNE, L.; AMADJI, G. Diversity and socio-economic aspects of oil palm agroforestry systems on the Allada plateau, southern Benin. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 41–56, 2020.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper Functions and their Application in Forest Inventory. **The Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278–283, 1969.

KRUGER, E.; SMITH, H. J.; NGCOBO, P.; DLAMINI, M.; MATHEBULA, T. Conservation Agriculture Innovation Systems Build Climate Resilience for Smallholder Farmers in South Africa. **Conservation Agriculture in Africa: Climate Smart Agricultural Development**, p. 345–360, 2022.

LEAKEY, R. R. B. Definition of Agroforestry Revisited. **Multifunctional Agriculture**, p. 5–6, 2017.

LEHMANN, L. M.; SMITH, J.; WESTAWAY, S.; PISANELLI, A.; RUSSO, G.; BOREK, R.; SANDOR, M.; GLIGA, A.; SMITH, L.; GHALEY, B. B. Productivity and Economic Evaluation of Agroforestry Systems for Sustainable Production of Food and Non-Food Products. **Sustainability 2020, Vol. 12, Page 5429**, v. 12, n. 13, p. 5429, 2020.

LI, K.; GRASS, I.; FUNG, T. Y.; FARDIANSAH, R.; ROHLFS, M.; BUCHORI, D.; TSCHARNTKE, T. Adjacent forest moderates insect pollination of oil palm. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 338, p. 108108, 2022.

LI, K.; GRASS, I.; ZEMP, D. C.; LORENZ, H.; SACHSENMAIER, L.; NURDIANSYAH, F.; HÖLSCHER, D.; KREFT, H.; TSCHARNTKE, T. Tree identity and canopy openness mediate oil palm biodiversity enrichment effects on insect herbivory and pollination. **Ecological Applications**, v. 33, n. 5, 2023.

LIU, W. Y.; CHUANG, Y. L. Assessing the incentives and financial compensation of agroforestry considering the uncertainty of price and yield. **Ecological Indicators**, v. 146, p. 109753, 2023.

LOPES, A. D. O.; CORDEIRO, A. C. C.; CHAGAS, E. A.; LOZANO, R. M. B.; ALVES, A. B.; MACIEL, F. C. DA S. Viabilidade técnica e avaliação financeira de cultivos intercalares no desenvolvimento inicial da palma-de-óleo em Roraima. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 4, p. 442–450, 2015.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**. Viçosa, MG: [s.n.].

LOUMAN, B.; MOYA, J. M.; DAM, J. VAN; PAMERNECKYTE, G.; COMUZZI, T.; NGHI, T. H.; THANG, T. N.; JEZEER, R.; GRAAF, M. DE. Designing agroforestry systems for greater economic viability and resilience. **Tropical Forest Issues**, n. 62, 2024.

MAHRIZAL, N. L. L.; DIXON, B. L.; POPP, J. Necessary Price Premiums to Incentivize Ghanaian Organic Cocoa Production: A Phased, Orchard Management Approach. **HortScience**, v. 47, n. 11, p. 1617–1624, nov. 2012.

MAIA, R. DA S. Implementação de Sistemas Agroflorestais como estratégia sustentável para melhorar a disponibilidade de fósforo no cultivo de Palma-de-óleo na Amazônia. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 4, p. 1–9, 2023.

MARTIN, L. G. P. **Estudo da secagem da polpa de cupuaçu por atomização**. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2013.

MASURE, A.; MARTIN, P.; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. Promoting oil palm-based agroforestry systems: an asset for the sustainability of the sector. **Cahiers Agricultures**, v. 32, p. 16, 2023.

MENDES, F. Avaliação de modelos simulados de sistemas agroflorestais em pequenas propriedades cacaueiras selecionadas no Município de Tomé Açu, no Estado do Pará. **Informe Gepec**, v. 7, 2007.

MIKLÓS, A. A. W. **Diagnóstico do estado do atual dos solos das áreas agrícolas em função do manejo**. Piracicaba, São Paulo: Relatório realizado para o Grupo Agropalma nos Departamentos CRAI e Agropalma. ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 1998.

NCHANJI, Y. K.; NKONGHO, R. N.; MALA, W. A.; LEVANG, P. Efficacy of oil palm intercropping by smallholders. Case study in South-West Cameroon. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 509–519, 2016.

NINGSIH, T.; LUBIS, D. A. R.; MANURUNG, S. KAJIAN BIAYA PEMUPUKAN TANAMAN MENGHASILKAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) DI DIVISI F KEBUN SEI KALAM PT. ASAM JAWA. **Jurnal Agro Estate**, v. 3, n. 2, p. 97–102, 2019.

NORONHA, G. N. **Cadeia produtiva da pecuária de corte do município de Tailândia, estado do Pará: estrutura e caracterização sanitária dos abates**. Belém, PA: [s.n.].

OLIVEIRA, G. M. T. DA S. DE; SANTANA, A. C. DE; OLIVEIRA, E. S. DE; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S. DOS; SANTANA, Á. L. DE; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 4, p. 203–216, 2020.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M. DE; TRUGILHO, P. F.; SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; NETO, A. J. DA S.; OLIVEIRA, A. D. DE. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do Estado de Minas Gerais. **CERNE**, v. 18, n. 2, p. 345–352, 2012.

OLIVEIRA, T. K. DE. **Caracterização de dois modelos de consórcios agroflorestais, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira: boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2010.

OLIVEIRA, T. K. DE O.; ARCO-VERDE, M. F.; SANTOS, A. Q. DOS; BERKEMBROCK, J.; SILVA, G. C. **Caracterização e Análise Financeira de um Consórcio Agroflorestal com Cupuaçu, Pupunha, Copaíba e Andiroba: BR SAFs RO 02**. Rio Branco, AC: [s.n.].

PADOVAN, M. P.; AGOSTINHO, P. R.; GONÇALVES, C. B. Q.; ARCO-VERDE, M. F.; MAYER, T. S. Arranjos de sistemas agroflorestais para diversificação da produção agrícola e melhoria ambiental com viabilidade econômica. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 8, p. 8096–8127, 2023.

PADOVAN, M. P.; NOGUEIRA, F. F.; RUAS, F. G.; RODRIGUES, A. C. C.; ARCO-VERDE, M. F. Financial analysis of a complex agroforestry system for environmental restoration purpose in the Brazilian Rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 2, p. 235–248, 2022.

PALISADE CORPORATION. **Manual do Usuário @RISK Versão 5.5: Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos**, 2010.

PEREIRA, A. F. **Madeiras brasileiras: guia de combinação e substituição**. 2. ed. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

PIPAI, R.; MCNEILL, A.; UNKOVICH, M.; BANABAS, M.; NELSON, P. N. Biological nitrogen fixation by legume cover plants in oil palm plantations: calibration of the ureide technique and effects of plantation age and soil nitrate. **Plant and Soil**, v. 491, n. 1–2, p. 665–680, 2023.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in Risk Analysis for Investment Projects. **Procedia Economics and Finance**, v. 15, p. 393–400, 2014.

POMPEU, G. DO S. DOS S.; KATO, O. R.; ALMEIDA, R. H. C. Percepção de agricultores familiares e empresariais de Tomé-Açu, Pará, Brasil sobre os Sistemas de Agrofloresta. **Sustentabilidade em Debate**, v. 8, n. 3, p. 152–166, 2017.

RAINTREE, J. B. **Guidelines for Agroforestry Diagnosis and Design**. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), 1983.

RAMOS, H. M. N.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C. Above- and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 221–237, 2018.

REGO, A. K. C. **Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais no nordeste paraense**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

ROCHA, R. N. C. Culturas intercalares para sustentabilidade da produção de dendê na agricultura familiar. 2007.

SÁNCHEZ, F. J. Z.; LOZANO, J. L. R.; GARCÍA, G. L. Optimización financiera para establecer un sistema agroforestal: costo-beneficio, precios aleatorios, distintos escenarios y externalidades financial optimization to settle an agroforestry system: benefit-cost, random prices, different scenarios and externalities. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 28, n. 4, p. 311–318, 2005.

SCARTEZINI, E. S.; ALVES, M. A. P.; COSTA, W. A. Utilização da *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray para alimentação na pecuária leiteira da região do Cerrado brasileiro. **Revista CNA**, v. 1, p. 5–31, 2017.

SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its application to timber-yield studies. **Journal of Forestry**, v. 37, p. 819–820, 1939.

SEBRAE/AC. **Cupuaçu: opções de investimento no Acre com produtos florestais não-madeireiros**. Rio Branco: SEBRAE/Acre, 1995.

SEFAZ/AM. **Pauta de Preços Mínimos - GSEFAZ**. Disponível em: <https://online.sefaz.am.gov.br/silt/Normas/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Estadual/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20GSEFAZ/Ano%202023/Arquivo/RG%200018_23.htm>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SILVA, C. M. DA; VASCONCELOS, S. S.; MOURÃO JÚNIOR, M.; BISPO, C. J. C.; KATO, O. R.; SILVA JUNIOR, A. C. DA; CASTELLANI, D. C. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 1–12, 2016.

SILVA, M. L. DA; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931–936, 2005.

SILVA MAIA, R. DA; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; CASTELLANI, D. C.; KATO, O. R. Oil palm (*Elaeis guineensis*) shows higher mycorrhizal colonization when planted in agroforestry than in monoculture. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 4, p. 731–740, 2021.

SOLLEN-NORRLIN, M.; GHALEY, B. B.; RINTOUL, N. L. J. Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 7001, 2020.

SOUZA, F. H. D. DE; FRIGERI, T.; MOREIRA, A.; GODOY, R. **Produção de sementes de guandu** Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 69. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

STUBBLEFIELD, K. J. **Agroforestry adoption: influential factors, land manager perceptions, and willingness-to-accept payments**. [s.l.] University of Missouri--Columbia, 2021.

SURIJA, S.; BASTIAN, R. The Effectiveness of Organic Method for Increasing the Productivity of Oil Palm That Is Infected by Ganoderma. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 5, p. 180, 2020.

SUSANTI, A. *et al.* Oil Palm Agroforestry as an Alternative towards Inclusive Oil Palm Production. *Em: Elaeis guineensis [Working Title]*. [s.l.] IntechOpen, 2021. .

SUSANTI, A.; MARHAENTO, H.; PERMADI, D. B.; HERMUDANANTO; BUDIADI; IMRON, M. A.; MAIMUNAH, S.; SUSANTO, D.; BAKHTIAR, I.; LEMBASI, M. Smallholder farmers' perception on oil palm agroforestry. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 449, n. 1, p. 012056, 2020.

SVATOŇOVÁ, T.; HERÁK, D.; KABUTEY, A. Financial Profitability and Sensitivity Analysis of Palm Oil Plantation in Indonesia. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 63, n. 4, p. 1365–1373, 1 set. 2015.

TÉO, S. J.; MIGUEL, E. P.; NASCIMENTO, R. G. M. Modelos de afilamento e forma dos fustes de eucalipto, em diferentes qualidades de sítio. **Nativa**, v. 6, p. 832–840, 2018.

TRANCHINA, M.; REUBENS, B.; FREY, M.; MELE, M.; MANTINO, A. What challenges impede the adoption of agroforestry practices? A global perspective through a systematic literature review. **Agroforestry Systems**, v. 98, n. 6, p. 1817–1837, 2024.

TUPY, O.; OLIVEIRA, P.; ESTEVES, S.; GODOY, R. Análise de Risco do Investimento em Guandu como Suplemento Volumoso para Bovinos de Corte a Pasto. **Informações Econômicas**, v. 53, p. 1–14, 2023.

VIRGENS, A. P. DAS; FREITAS, L. C.; LEITE, Â. M. P. Análise Econômica e de Sensibilidade em um Povoamento Implantado no Sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 211–219, 2016.

VIRGENS, A. P. DAS; FREITAS, L. C. DE; LUZ, D. S. Análise econômica em projetos de reflorestamentos sob dois regimes de manejo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 30, n. 1, p. 29–37, 2018.

VIRGENS, A. P. DAS; FREITAS, L. C. DE; SILVA, M. L. DA. Avaliação financeira e gerenciamento de risco para diferentes distâncias de transporte de madeira pelo modal rodoviário. *Ciência Florestal*, v. 31, n. 2, p. 880–897, 1 jun. 2021.

WENZEL, A. *et al.* Balancing economic and ecological functions in smallholder and industrial oil palm plantations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 121, n. 17, 2024.

CAPÍTULO 3: Definição de Indicadores biofísicos e econômicos para SAFs em escala comercial com Palma-de-óleo

RESUMO:

Os objetivos do estudo foram avaliar a metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) na proposição e sistematização de indicadores de sustentabilidade a serem utilizados na pesquisa e experimentação de arranjos SAFs com Palma-de-óleo orgânica. Por meio do uso de metodologias participativas foram identificados, propostos e sistematizados um conjunto de indicadores para o monitoramento econômico e do meio biofísico destes arranjos experimentais de longo prazo. A metodologia D&D foi utilizada para alinhar as partes interessadas na definição de objetivos, preparação e organização das informações, bem como nos métodos de análise e síntese de resultados. A coleta de dados foi realizada ao longo de 6 meses, utilizando uma combinação de técnicas qualitativas e quantitativas. Foram selecionados 2 arranjos experimentais de SAFs incluindo o monocultivo orgânico para formar assim 3 tratamentos a serem implantados em campo. Para tanto foram utilizadas informações sobre o risco associado à implantação de cada arranjo e questões internas da empresa. O arranjo CE3 foi escolhido devido ao menor risco associado e o arranjo CA1 foi escolhido em função da sua adaptabilidade a projetos futuros junto à parceiros na modalidade fomento. Especificamente para o desenho experimental, foram avaliados procedimentos técnicos/operacionais adotados nos monocultivos conduzidos pela Agropalma (plantio, tratos culturais e colheita), com intuito de compreendê-los e considerá-los na análise. Estas informações foram utilizadas na definição de zonas de manejo e locais específicos para medição de indicadores para orientar a coleta para análise do meio biofísico em SAFs a saber: projeção da copa — área fertilizada onde a vegetação foi removida, a cerca de 1,5 m da base do caule da Palma-de-óleo; Linha de carregamento — área de tráfego de máquinas; Linha de empilhamento — local onde folhas de Palma-de-óleo e outras espécies, como Cacau, são depositadas; Faixa diversificada — faixa de tamanho variável localizada entre duas faixas de Palma-de-óleo. Além da faixa diversificada, foi proposta como área de coleta a faixa de palma (Faixa composta por 4 linhas de Palma-de-óleo). A amostragem dos indicadores econômicos foi do tipo censo, ou seja, devem ser levantados todos os itens que compõem os itens de custo, receitas

e consequentemente avaliações financeiras, de forma a obtê-los para cada repetição de cada tratamento. Foi definido um sítio experimental de 70 ha a partir de duas parcelas a serem implantadas no Departamento III, com 4 blocos e 3 tratamentos em Blocos Casualizados. A metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) foi eficaz na proposição de indicadores de monitoramento para compor pesquisas de longo prazo. As ferramentas de reunião, matriz de sistematização e revisão bibliográfica e banco de dados, permitiram nortear discussões e sistematizar informações, otimizando o estabelecimento de premissas a partir da sistematização de conceitos e opiniões para eleger arranjos para teste, desenhos experimentais e indicadores de monitoramento. Ao final, 45 indicadores de monitoramento para avaliação do meio biofísico (35) e econômico (10) foram escolhidos para avaliação nos arranjos SAFs e compor o escopo inicial da experimentação com SAFs na Agropalma S/A.

Palavras-chave: Monitoramento. Sustentabilidade. Cultivo Orgânico.

CHAPTER 3: Definition of biophysical and economic indicators for commercial-scale agroforestry systems with oil palm

ABSTRACT:

The study aimed to evaluate the Diagnosis and Desenho (D&D) methodology for proposing and systematizing sustainability indicators to be used in research and experimentation of organic oil palm-based agroforestry systems (AFS) arrangements. Through participatory methodologies, a set of indicators for economic and biophysical monitoring of these long-term experimental arrangements was identified, proposed, and systematized. The D&D methodology was employed to align stakeholders in defining objectives, preparing and organizing information, and in methods of analysis and synthesis of results. Data collection was conducted over six months, using a combination of qualitative and quantitative techniques. Two experimental AFS arrangements, along with an organic monoculture, were selected to form three treatments to be implemented in the field. This selection considered the risks associated with the implementation of each arrangement and internal company issues. Arrangement CE3 was chosen due to its lower associated risks, while arrangement CA1 was selected for its adaptability to future partnership projects in the outgrower model. For the experimental desenho, technical and operational procedures used in the monocultures managed by Agropalma, including planting, cultural practices, and harvesting, were evaluated to understand and incorporate them into the analysis. These insights informed the definition of management zones and specific sites for indicator measurement, guiding data collection for biophysical analysis in the AFS. Areas considered for this purpose included fertilized zones where vegetation was removed, approximately 1.5 meters from the base of the oil palm trunk, areas used for machinery traffic, zones where oil palm leaves and other species such as cacao are deposited, and a diversified strip of variable width located between two rows of oil palm. Additionally, the palm strip, comprising four rows of oil palm, was also proposed as a collection area. Economic indicators were sampled through a census approach, ensuring that all components of costs, revenues, and financial evaluations were assessed for each replicate of each treatment.

A 70-hectare experimental site was defined, based on two plots to be implemented in Department III, with four blocks and three treatments arranged in a Randomized Block Desenho. The D&D methodology proved effective in proposing monitoring indicators to support long-term research. Tools such as meetings, systematization matrices, literature reviews, and databases facilitated discussions and organized information, optimizing the establishment of assumptions through the systematization of concepts and opinions to select arrangements for testing, experimental desenhos, and monitoring indicators. A total of 45 monitoring indicators were selected for evaluation, comprising 35 biophysical and 10 economic indicators, to be applied in the assessment of AFS arrangements and incorporated into the initial experimentation framework with AFS at Agropalma S/A.

Keywords: Monitoring. Sustainability. Organic Farming.

1. INTRODUÇÃO

Os SAFs podem ser definidos como um conjunto de sistemas e práticas de uso da terra que integra deliberadamente espécies lenhosas perenes com culturas agrícolas e/ou animais na mesma unidade de manejo, promovendo interações ecológicas e econômicas entre os diversos componentes do sistema (Ed., 1982). Haja vista que a definição não seja relativamente recente, a prática em si tem raízes antigas, pois há mais de três décadas já era descrita na literatura como um novo termo para uma prática milenar (Nair, 1991).

A integração da Palma-de-óleo em SAFs se destaca por suas características que promovem tanto a produtividade quanto a sustentabilidade agrícola. A integração do cultivo desta espécie com outras culturas contribui para a melhoria da qualidade química e física do solo e aumento da biodiversidade. Neste sentido, como resultado da diversificação e maior eficiência no uso da terra, os SAFs apresentam mais chances de viabilidade econômica para os agricultores (Koussihouèdé *et al.*, 2020; Yemadje, Koussihouèdé e Rafflegeau, 2023). Além disso, estudos indicam que promovem enriquecimento dos estoques de carbono e melhoram indicadores biológicos no solo, superando monoculturas em termos de propriedades químicas e disponibilidade de nutrientes (Gomes *et al.*, 2024).

Esta integração oferece uma abordagem promissora para a agricultura sustentável, com benefícios ecológicos, econômicos e sociais. No entanto, para maximizar esses benefícios, é necessário enfrentar os desafios de implementação e garantir práticas coerentes com a realidade onde serão inseridas. A pesquisa contínua é essencial para o sucesso e a sustentabilidade desses sistemas a médio e longo prazos, possibilitando otimizar esses sistemas e maximizar tais benefícios. Neste sentido, indicadores de sustentabilidade são úteis para avaliar as várias dimensões da sustentabilidade nos SAFs, auxiliando no monitoramento e avaliação do desempenho geral de sustentabilidade (Smith *et al.*, 2022).

A importância dos indicadores de sustentabilidade reside na sua capacidade de fornecer uma avaliação abrangente dos sistemas agroflorestais, integrando além das dimensões da sustentabilidade, a dimensão institucional e tecnológica oferecendo estratégias específicas para aprimorar o manejo agroflorestal (Pujiono *et al.*, 2021). Indicadores desempenham papel fundamental na promoção de metas de longo prazo nos sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo, ao indicar métricas

mensuráveis que orientam tanto as práticas de manejo quanto políticas públicas. Atualmente, há foco crescente na produção equilibrada, com incorporação da sustentabilidade na cadeia produtiva do óleo de palma. Entretanto, apesar da importância desses indicadores, a realização efetiva dessas iniciativas encontra obstáculos, como a necessidade de adaptar métricas e indicadores aos contextos locais e o envolvimento proativo das partes interessadas do setor (Maia, F. R., 2023; Masure *et al.*, 2023; Nursyamin *et al.*, 2023; Stone *et al.*, 2023; Yahya *et al.*, 2024).

Também para os SAFs com Palma-de-óleo, são também relevantes os indicadores de sustentabilidade relacionados com a viabilidade econômica. Estes permitem avaliação do desempenho desses sistemas, assegurando a melhoria contínua e fornecendo informações importantes frente às flutuações nos itens de custo e rendimento operacional, integrando aspectos de lucratividade e gestão de recursos (Costa *et al.*, 2024; Louman *et al.*, 2024). Desta forma, os indicadores financeiros também auxiliam no gerenciamento de riscos, pois reforçam a escolha de modelos de sistema de baixo risco ainda na fase de planejamento (Bejarano *et al.*, 2022).

Entretanto, a aplicação eficaz desses indicadores enfrenta desafios, como a disponibilidade de dados, longo período de análise necessário, complexidade das interações entre os diferentes indicadores e a complexidade das métricas utilizadas, os quais precisam ser superados para maximizar os benefícios das práticas agroflorestais (Santos, *et al.*, 2022). Além disso, o envolvimento das partes interessadas na escolha dos indicadores de sustentabilidade é crucial, pois garante que o processo de monitoramento reflita as necessidades e preocupações específicas destas, aumentando a probabilidade de um investimento contínuo nos sistemas agroflorestais (Parish *et al.*, 2021). Esses obstáculos dificultam o monitoramento e a implementação eficaz de práticas sustentáveis, a partir de indicadores financeiros, pois envolvem variáveis complexas que abrangem as dimensões econômica, social e ambiental (Supriatna *et al.*, 2024).

Adicionalmente, embora possam ser ferramentas úteis no processo de tomada de decisão, é importante considerar o contexto mais amplo no qual essas decisões são tomadas. Fatores como práticas culturais locais, políticas governamentais e apoio da comunidade também podem influenciar significativamente a adoção de SAFs e não somente fatores econômicos. Portanto,

embora os indicadores econômicos sejam fundamentais, eles devem ser considerados juntamente com esses fatores mais amplos para compreender completamente a dinâmica e o potencial da adoção de sistemas agroflorestais (Susanti *et al.*, 2020).

A identificação de um conjunto universal de indicadores que possam abranger as dimensões variáveis de sustentabilidade, às quais dependem do contexto local e das prioridades dos stakeholders envolvidos, frequentemente apresentam problemas de aplicabilidade, como a complexidade de uso, a escassez de dados confiáveis e diretrizes pouco claras para sua implementação. Esses obstáculos comprometem a eficiência e a aceitação dos indicadores por diferentes partes interessadas, tornando essencial um equilíbrio cuidadoso entre simplicidade, clareza e eficácia na escolha dos indicadores de sustentabilidade (Astari *et al.*, 2022; Nadaraja, Lu e Islam, 2021). Portanto, é fundamental adotar uma abordagem baseada na participação e no engajamento dos diversos atores envolvidos, para selecionar indicadores de sustentabilidade que sejam aceitos e eficazes na avaliação destes sistemas agrícolas (Nadaraja, Lu e Islam, 2021).

Investigações experimentais controladas obtidas a partir de um conjunto de indicadores corretamente definidos, podem fornecer informações sobre aspectos fundamentais de arranjos de SAFs. Neste sentido, idealizar e monitorar testes em campo (*on-farm research*) são ações necessárias de um programa coerente e eficaz de P&D (pesquisa e desenvolvimento), que visa desenvolver e validar arranjos eficientes e que sejam adotáveis (Raintree, 1992). Embora estes testes e métricas possam fornecer informações valiosas sobre a viabilidade econômica e ambiental dos sistemas agroflorestais, os desafios permanecem em sua adoção generalizada. Fatores como custos iniciais, requisitos de mão de obra e percepções de risco das partes interessadas podem impedir a transição da monocultura para sistemas mais complexos, como SAFs (Louman *et al.*, 2024; Maia, F. R., 2023).

Neste sentido, devem ser priorizadas a utilização de metodologias participativas que considerem as diversas opiniões e preocupações dos stakeholders, promovendo a criação de um conjunto de indicadores simples, amplamente aceitos e eficazes (Safitri *et al.*, 2018). A participação direta das partes interessadas facilita a identificação de indicadores que não apenas refletem as especificidades ambientais, sociais, econômicas e de governança, mas que também são mais facilmente aceitos e implementáveis pelos envolvidos, uma vez que podem

servir de guia para decisões de negócios e adoção de novas tecnologias em escala por empresas e *players* do setor (Nadaraja, Lu e Islam, 2021).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) na proposição e sistematização de indicadores de sustentabilidade a serem utilizados na pesquisa e experimentação de arranjos de SAFs com Palma-de-óleo orgânica em escala comercial. De maneira específica, objetivou-se por meio do uso de metodologias participativas identificar, propor e sistematizar um conjunto de indicadores para o monitoramento econômico e do meio biofísico destes arranjos experimentais de longo prazo. A metodologia D&D foi utilizada para alinhar as partes interessadas na definição de objetivos, preparação e organização das informações, bem como nos métodos de análise e síntese de resultados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na empresa Agropalma S/A, na área denominada Departamento III, localizada no município de Tailândia, estado do Pará, Brasil (2° 56' 50" S, 48° 57' 11" W). Nessa área, com total de 3.961,02 ha, as parcelas de cultivo de Palma-de-óleo têm em média 28 anos de idade e desde o ano de 2018 iniciou-se a conversão para o cultivo orgânico (Figura 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, a região é caracterizada pelo clima tropical úmido (Am), com médias anuais de precipitação de 2.627,29 mm e temperatura de 26,74 °C, conforme monitoramento da empresa entre os anos de 2004 e 2023 (Agropalma S/A, 2024a; Noronha, 2015).

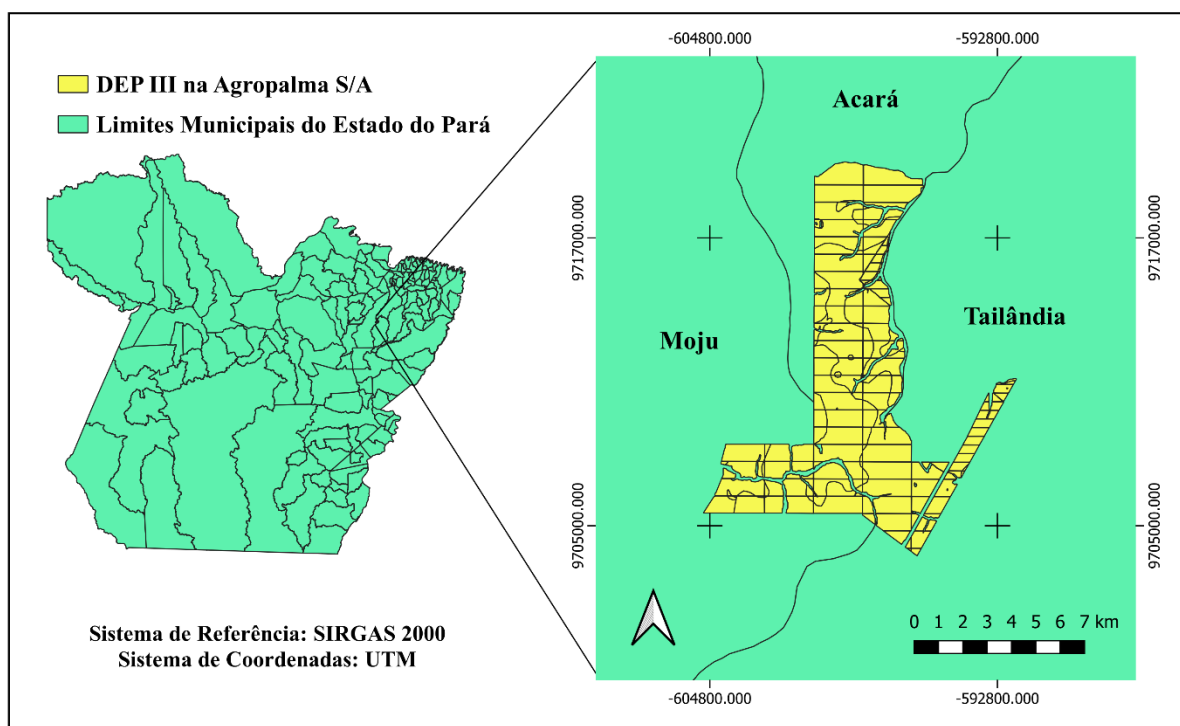


Figura 1 – Localização do Departamento III, onde serão instalados os arranjos experimentais.

Fonte: O Autor.

O local é caracterizado por solos predominantemente argilosos de baixa fertilidade natural, com histórico de produção convencional de Palma-de-óleo anterior à adoção do cultivo orgânico (Miklós, 1998). A vegetação circundante é composta por fragmentos de floresta secundária em diferentes estágios de regeneração, proporcionando um ambiente diversificado em termos de biodiversidade. Embora a precipitação e temperatura sejam coerentes com a produção de Palma-de-óleo, desafios como a compactação do solo são esperados devido ao histórico de uso da área.

2.2. Metodologias utilizadas

Para a construção dos desenhos experimentais e definição de indicadores, foi formada equipe composta por dois Pesquisadores Professores da Universidade Federal de Viçosa, um estudante de Doutorado em Ciência Florestal, uma Engenheira Florestal e uma estudante de Graduação em Engenharia Florestal (Equipe UFV). Essa equipe foi responsável por conduzir o processo participativo de

definição de objetivos, levantamento de informações, construção do desenho experimental e indicadores de monitoramento. Por parte da empresa foram consultados profissionais de diversas áreas, incluindo pesquisa em solos e nutrição de plantas e planejamento e controle operacional da área de produção orgânica. Foi definido como ponto focal de contato na empresa a área de planejamento e controle operacional (Equipe Agropalma).

Para orientar e definir o que seria entregue como resultado, o trabalho foi dividido em atividades relacionadas que juntas formaram uma macroentrega (Figura 2). Uma macroentrega representa um marco significativo no planejamento e na execução de um projeto, sendo subdividida em entregas menores (Etapas), as quais a gestão adequada garante que o projeto permaneça no escopo, dentro do prazo e atenda às expectativas das partes interessadas (PMI, 2021).

A coleta de dados foi realizada ao longo de 5 meses, utilizando uma combinação de técnicas qualitativas e quantitativas. Neste sentido, foram utilizadas diferentes ferramentas e técnicas visando identificar os principais desafios e expectativas em relação ao monitoramento dos SAFs e direcionar a utilização de indicadores com a capacidade de verificação do meio biofísico e econômico dos arranjos SAFs testados. As principais ferramentas e técnicas utilizadas estão na Figura 2.

2.3. Definição de objetivos e metas

Foram realizadas reuniões entre as equipes para definição dos objetivos a serem alcançados com o monitoramento dos experimentos e direcionar as discussões para a escolha de modelos SAFs que permitissem a partir dos arranjos indicados para implantação em definitivo, a realização dos experimentos e medição dos indicadores de monitoramento selecionados (Tabela 1). O desenho dos arranjos elegíveis para escolha está no Apêndice A.

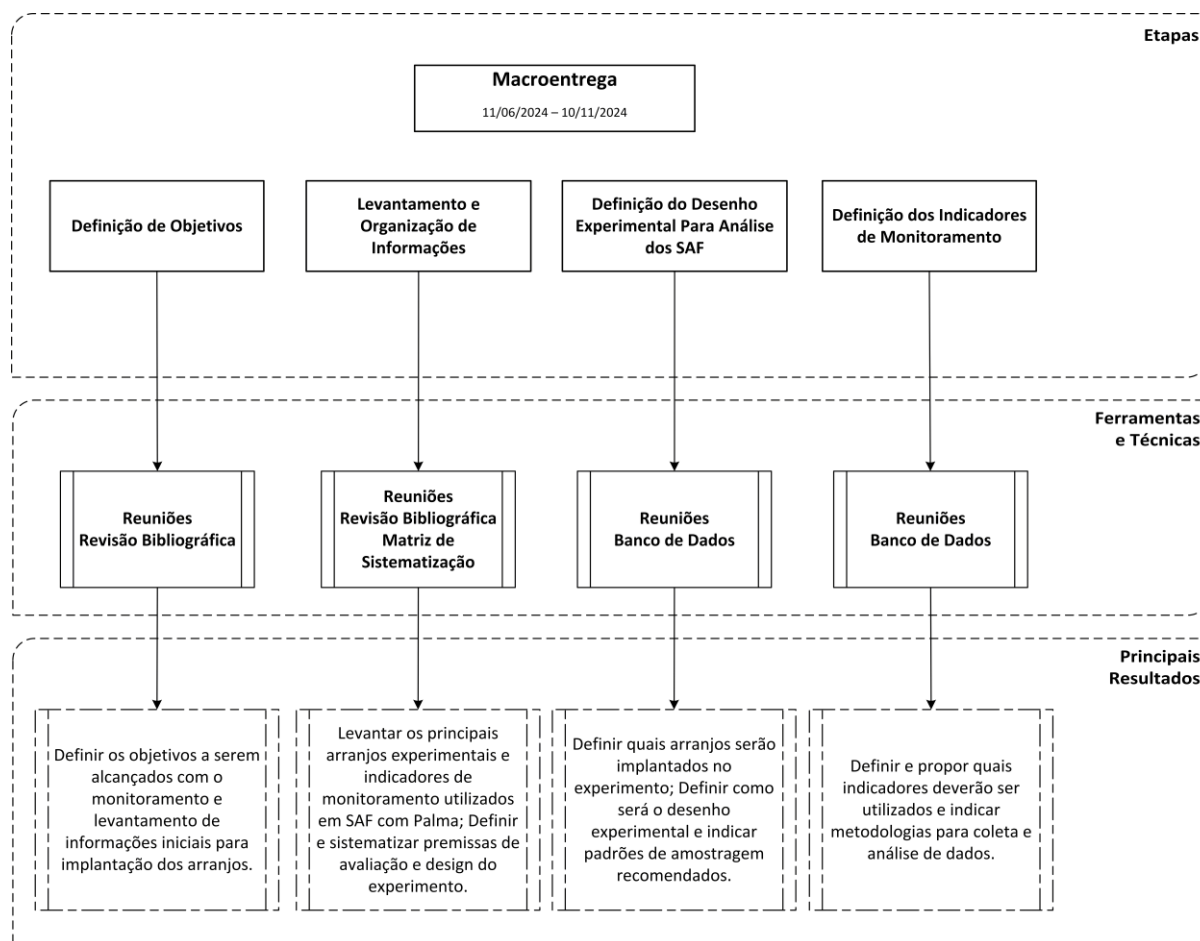


Figura 2 - Plano de trabalho com as etapas, principais técnicas e objetivos previstos em cada etapa para proposição de indicadores de monitoramento em arranjos experimentais de SAFs com Palma-de-óleo no estado do Pará.

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2012).

Os modelos descritos nesta tabela, foram obtidos por meio do uso da Metodologia (D&D) na proposição de arranjos experimentais de SAFs com Palma-de-óleo. Para tanto foram necessárias 4 etapas: Pré-diagnóstico, Diagnóstico de mercado e operacional, Análise dos diagnósticos e Desenvolvimento dos arranjos, por meio das quais foi possível compor os arranjos indicados. Os arranjos idealizados em conjunto pelas duas equipes (UFV e Agroalma S/A) foram organizados em renques com 18, 24 ou 30 metros de largura, separados por faixas com 4 ou 8 linhas de Palma-de-óleo, sendo que a Palma-de-óleo também foi avaliada em monocultivo. Os arranjos avaliados estão organizados em função da densidade de plantio e prioridade dada à produção para determinadas espécies presentes, sendo que no arranjo: CA1 - o cacau é prioridade; CE3 e CE4 - o cacau e eucalipto são prioridade; CP1 - o cupuaçu é a prioridade.

Tabela 1 - Resumo descritivo das informações dos arranjos elegíveis para implantação e densidades de plantio para as espécies em cada arranjo

Arranjo	Prioridade	Largura do renque (m)	Linhas de Palma-de-óleo	Densidade de plantio por espécie (n/ha)							
				Cacau	Cupuaçu	Eucalipto	Andiroba	Castanha	Peroba	Ipê	Palma
CA1	Cacau	18	4	467	-	-	16	-	-	-	107
CE3	Cacau + Eucalipto	24	4	393	-	281	23	-	-	-	94
CE4	Cacau + Eucalipto	30	8	386	-	158	-	8	-	-	105
CP1	Cupuaçu	18	4	-	346	-	16	-	-	-	107
Mono	Palma-de-óleo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143

Fonte: O Autor.

Adicionalmente, foram identificadas e sistematizadas informações no ambiente empresarial sobre a viabilidade econômica e o risco associado aos 4 modelos elegíveis para implantação e pesquisa. O VPL foi calculado de acordo com Bordeaux-Rêgo et al. (2013), Silva e Fontes (2005) e Virgens, Freitas e Leite (2016) e a TIR de acordo com Bordeaux-Rêgo et al. (2013) e Gonçalves (2021). Os dados foram obtidos a partir de custos e receitas internos praticados na Palma-de-óleo pela empresa. Para as demais espécies os custos foram obtidos a partir de informações de rendimento operacional obtidas da literatura em conjunto com os valores de mão de obra, insumo e maquinário praticados pela empresa. Estas informações foram combinadas para obtenção dos custos operacionais utilizados na composição do fluxo de caixa. As receitas utilizadas foram obtidas a partir de preços regionalizados obtidos de produtores do estado do Pará.

Os riscos associados a implantação de cada arranjo foram obtidos por meio de simulação utilizando o Método de Monte Carlo. Foram utilizados como variáveis de entrada no modelo paramétrico àquelas referentes a itens de custo, preço, produtividade e TMA, sendo as variáveis de saída o VPL e a TIR. A partir desse conjunto de variáveis foi realizada 1 simulação com 5000 iterações utilizando a distribuição de probabilidade uniforme para gerar variações aleatórias na base de dados de entrada. Para tanto, foi utilizado o software @RISK®, em ambiente do Microsoft Office Excel® (Palisade Corporation, 2010). Estas informações serviram de base para as discussões e troca de ideias nas reuniões, auxiliando também a compor questões e responder dúvidas levantadas com a matriz de sistematização. Desta forma, foi possível definir objetivos e metas iniciais vinculadas a simulações de risco associado à utilização de cada arranjo.

2.4. Levantamento e organização de informações

No intuito de definir pontos de partida para fundamentar as discussões e proposições a serem efetuadas, foi realizado um levantamento bibliográfico nas principais bases de dados. Os resultados obtidos nos trabalhos científicos localizados foram utilizados nas reuniões entre as equipes como fonte de dados referentes aos indicadores de monitoramento potenciais, delineamento experimental para análises dos SAFs selecionados e respectivas metodologias de coleta e análise de dados.

Neste sentido, as reuniões foram conduzidas para que ao final desta etapa, a partir da interseção dos objetivos e metas definidos com as informações levantadas na revisão bibliográfica, pudessem ser construídos os temas e subtemas para a matriz de sistematização (Tabela 2). A matriz de sistematização serve como ferramenta metodológica para a categorização de informações e o aprimoramento do planejamento; neste caso, funcionou como um guia para a estruturação de informações pertinentes utilizadas para a progressão contínua do projeto e para a identificação de objetivos e metas a serem alcançadas (Brinken, Trojahn e Behrendt, 2022).

Tabela 2 – Matriz utilizada para sistematização na etapa de levantamento e organização de informações para seleção de indicadores de monitoramento e seleção de desenho experimental com foco na pesquisa em arranjos SAFs no estado do Pará

Subtemas	Temas		
	Seleção dos arranjos SAFs para pesquisa	Seleção de indicadores de monitoramento	Seleção do desenho experimental
Aspectos Agronômicos	O arranjo permite a substituição e adaptação racional de espécies sem prejuízo da sua funcionalidade?	Os indicadores permitem explorar o potencial produtivo de cada espécie utilizada nos SAFs?	O desenho experimental possibilita avaliar o impacto da estrutura do SAFs e composição de espécies na produtividade da Palma?
Aspectos Econômicos	Qual o risco econômico associado à escolha de cada arranjo?	Os indicadores permitem avaliar a viabilidade econômica e os fatores que a influenciam?	O desenho experimental possibilita comparar entre os sistemas SAFs e monocultivo a qualidade do óleo produzido?
Aspectos Ambientais	O arranjo irá permitir/facilitar a presença de polinizadores próximos à faixa de Palma?	Como serão monitorados a qualidade física e química no solos em cada SAFs?	O desenho experimental permite comparar o sequestro de carbono entre os diferentes arranjos?
Questões internas da Empresa	O arranjo minimiza a ocorrência de pragas e doenças nas espécies utilizadas?	O nível de dificuldade na coleta e análise dos dados do indicador não impede sua escolha?	Qual o tamanho mínimo experimental necessário para validar a medição dos indicadores escolhidos?

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2012).

A matriz é composta por dois elementos principais, a saber: os subtemas representados nas linhas e os temas representado nas colunas, que dependem dos

objetivos para os quais a sistematização foi idealizada. Para cada célula individual dentro da matriz, foram formuladas perguntas sobre os temas e subtemas pertinentes. A formulação dessas perguntas foi caracterizada por um processo dinâmico durante as reuniões e foi conduzida de forma colaborativa entre as duas equipes. As respostas obtidas em cada consulta orientaram os processos de refinamento das informações levantadas assim como a obtenção de novas informações que se fizerem necessárias durante a formulação do desenho experimental e proposição de indicadores.

2.5. Definição do desenho experimental e indicadores de monitoramento para análise do SAFs

As informações sobre desenho experimental e indicadores de monitoramento levantadas foram refinadas e utilizadas em conjunto com as diretrizes da matriz de sistematização para guiar o processo de escolha e decisão acerca do desenho experimental e indicadores de monitoramento. Os dados coletados nos artigos foram organizados sistematicamente em um banco de dados relacional, facilitando um exame aprofundado dos principais desenhos e indicadores mensurados para a Palma-de-óleo em SAFs. Os passos metodológicos e critérios para selecionar e adaptar desenhos e indicadores são ilustrados na Figura 3.

De acordo com (Atangana *et al.*, 2014a), essa abordagem iterativa é baseada em princípios de flexibilidade, velocidade e repetibilidade, pois permite modificações quando necessário ao longo do processo, ao mesmo tempo em que envolve as partes interessadas no processo de criação de informações e tomada de decisão, com ênfase total no aprimoramento da proposta. As reuniões realizadas permitiram a coleta e o alinhamento de expectativas em relação aos indicadores propostos e aos desenhos experimentais, aproveitando as informações adquiridas que serviram como material essencial para validação e ajustes. Esse processo cíclico foi repetido até que os modelos sugeridos permitissem a aquisição de informações com o menor esforço operacional.

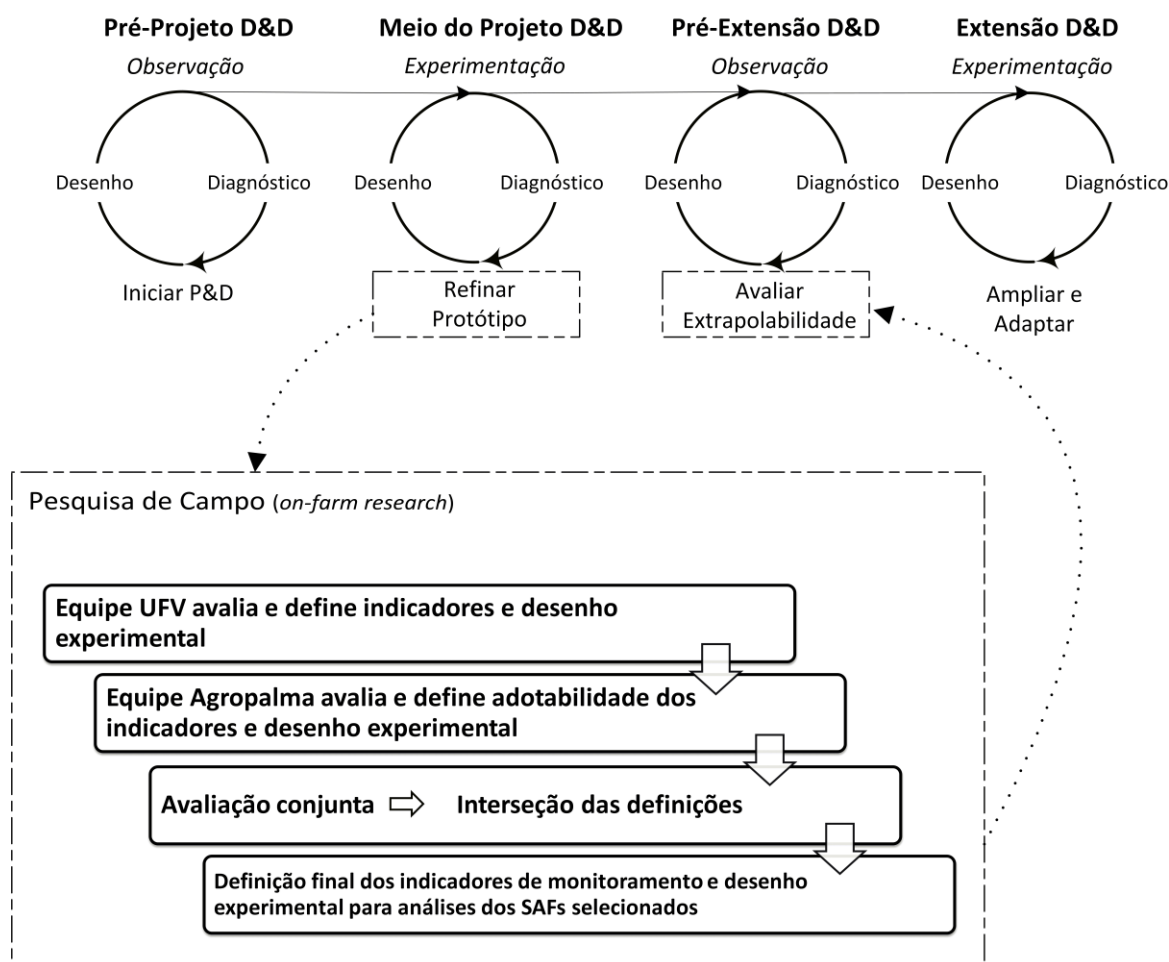


Figura 3 – Processo metodológico para definição dos arranjos experimentais e indicadores de monitoramento a serem utilizadas na pesquisa de modelos SAFs no estado do Pará.

Fonte: Adaptado de Raintree (1983).

Especificamente para o desenho experimental, foram avaliados procedimentos técnicos/operacionais adotados nos monocultivos conduzidos pela empresa (plantio, tratos culturais e colheita), com intuito de compreendê-los e considerá-los na análise. Estas informações foram utilizadas na definição de zonas de manejo e locais específicos para medição de indicadores visando capturar possíveis impactos econômicos e no meio biofísico resultantes da utilização de SAFs em Palma-de-óleo. No caso específico dos indicadores de monitoramento, durante o processo de avaliação conjunta, a interseção das definições indicadas pelas duas equipes levou à necessidade de geração de um conjunto mínimo de indicadores econômicos e biofísicos para SAFs com Palma-de-óleo. Neste contexto, buscou-se propor um conjunto de métricas visando conciliar a obtenção de resultados de pesquisa robustos, alinhados com os procedimentos técnicos e

operacionais praticados internamente no sentido de obter informações direcionadas aos objetivos do projeto com menor esforço de tempo e recursos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As reuniões impulsionaram o processo de sistematização de informações em projetos de desenvolvimento, facilitando discussões estruturadas e a construção do conhecimento entre os membros das equipes e das partes interessadas, configurando-se como um fenômeno organizacional coletivo que promove a comunicação, a coordenação e o compartilhamento de informações permitindo que equipes interdependentes alcancem objetivos comuns, especialmente em contextos de alta complexidade (Bernsen e Dybkjaer, 2010; Smith *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2024). De forma geral, neste trabalho, no período em que foram construídos os resultados da macroentrega, foram realizadas um total de 34 reuniões com presença de 16 participantes no total entre os dias 11 de junho a 10 de novembro de 2024. Deste total, especificamente para a equipe UFV houve 19 reuniões com a presença de 5 participantes integrantes da equipe. Entre as equipes, houve 15 reuniões com presença total de 11 participantes, a partir das quais foram discutidas e definidas ações sobre os indicadores de monitoramento, delineamento experimental assim como a escolha dos arranjos SAFs a serem analisados.

3.1. Definição de objetivos e metas

As reuniões contribuíram no alinhamento das expectativas e definição de objetivos e metas a serem executadas visando a escolha de arranjos de SAFs, indicadores de monitoramento e desenho experimental da pesquisa a serem utilizados na experimentação. Neste sentido, foi definido pelas partes interessadas que a partir da elaboração do desenho experimental escolhido para avaliação e monitoramento dos sistemas, seriam definidas avaliações pelo time Agropalma, às quais seriam necessárias para levantar informações estratégicas de interesse da empresa. Seguindo o processo metodológico indicado na Figura 3, as recomendações de indicadores a serem propostos pela equipe UFV deveriam contemplar as avaliações indicadas no Quadro 1, propostas pela equipe da empresa.

Quadro 1 – Avaliações indicadas pela empresa Agropalma S/A acerca do monitoramento dos experimentos

Avaliação	Resultado esperado
Análise física e microbiológica do solo	Buscar indicadores que forneçam métricas da qualidade física e microbiológica do solo.
Água no solo	Buscar indicadores que permitam compreender a dinâmica da água no solo.
Mineralização de M.O.	Buscar indicadores que ajudem a compreender a dinâmica da matéria orgânica nos tratamentos a partir da mineralização de M.O.
Sequestro de C	Buscar indicadores para mensurar o sequestro de C nos diferentes tratamentos.
Viabilidade polínica	Buscar indicadores que permitam avaliar o sexo e a viabilidade das inflorescências na Palma-de-óleo.
Análise de solo e tecido vegetal	Os indicadores devem fornecer um panorama geral da qualidade química do solo e tecido vegetal.
Ocorrências fitossanitárias	Os indicadores devem fornecer um panorama geral sobre o ataque de pragas e doenças.
Matéria seca	Os indicadores devem fornecer um panorama geral sobre a produção de biomassa das diferentes espécies em cada sistema.
Biometria	Os indicadores devem fornecer um panorama geral sobre os padrões de crescimento das principais espécies que compõem cada sistema.
Estudo de produção – Palma-de-óleo	Buscar indicadores que permitam inferir sobre a produtividade da Palma-de-óleo.
Estudo de produção – Sistema	Buscar indicadores que permitam inferir sobre a produtividade das demais espécies do sistema.
Pesagem de frutos	Os indicadores devem fornecer métricas de produtividade em função do peso dos frutos obtidos.
Potencial e identidade do óleo	Os indicadores devem fornecer informações sobre a quantidade de óleo produzida por quilograma de CFF e também informações sobre as características físico-químicas deste óleo.
Análise nutricional do fruto	Buscar indicadores que permitam traçar o perfil nutricional do óleo obtido nos diferentes arranjos testados.
Custo de produção	Os indicadores devem fornecer um panorama detalhado sobre os componentes de custo de cada sistema.
Receitas	Os indicadores devem fornecer um panorama detalhado sobre as receitas de cada sistema e por espécie.
Avaliação Financeira	Os indicadores devem permitir a comparação entre o investimento realizado e as receitas geradas pelo caixa do projeto, assim como avaliar o retorno percentual do capital investido.

Fonte: O Autor.

Para Althiyabi e Qureshi (2021), o estabelecimento de metas e objetivos claros é fundamental para o sucesso do projeto, pois facilita o planejamento, a execução e o engajamento efetivos das partes interessadas em várias fases e contextos. Além disso, em trabalhos experimentais, objetivos bem definidos ajudam a otimizar metodologias e minimizar erros de escopo, levando a usos mais eficientes dos recursos e a critérios de tomada de decisão mais claros (Cassone, 2024). Neste sentido, foi acertado entre as partes, que o escopo da pesquisa também incluiria como metas a serem alcançadas, indicar padrões de amostragem para cada indicador proposto pela equipe UFV, assim como metodologias para coleta e análise de dados.

3.2. Levantamento e organização de informações

Os temas, subtemas e questões guia na coleta de informações nos levantamentos bibliográficos, foram organizadas na matriz de sistematização (Tabela 1). Neste sentido, durante reuniões entre as equipes os temas principais definidos foram a seleção dos arranjos SAFs para pesquisa, seleção de indicadores de monitoramento e seleção do desenho experimental. Como subtemas foram utilizados os aspectos agronômicos, econômicos e ambientais, assim como questões internas da empresa relacionados a cada tema.

A construção e utilização de matrizes de sistematização permite um engajamento que leva à colaboração entre as partes interessadas, pois facilita a identificação de caminhos e soluções inovadoras (Barlagne *et al.*, 2023; Dumont *et al.*, 2019). Neste sentido, foi possível estabelecer um sistema participativo envolvendo estas partes nos processos de tomada de decisão, tendo como resultado a construção colaborativa de desenhos experimentais e indicadores de monitoramento a partir da compreensão conjunta acerca de aspectos agronômicos, econômicos e ambientais relacionados com a pesquisa.

Essa abordagem sistemática não apenas melhora a precisão dos dados e reduz a possibilidade de erros, mas também melhora a comunicação e a eficiência na busca por informações, levando a resultados de maior qualidade e maior produtividade (Rosca, Banica e Mirela, 2010). Desta forma, esta maior eficiência e clareza no processo, possibilitam um alinhamento estratégico que em última análise facilita a tomada de decisão, impactando significativamente o sucesso geral dos

projetos de pesquisa. Essa metodologia pode beneficiar a implementação de experimentos agroflorestais, facilitando a interseção de experiências, permitindo que as partes interessadas reflitam e aprendam com o gerenciamento de tais sistemas (Acosta e Corral, 2017; Albertin, 1996; Souza, de et al., 2012).

A partir das pesquisas realizadas nas bases de dados Web of Science, Scopus, Scielo e Google Acadêmico, foi possível identificar 21 trabalhos diretamente relacionados com SAFs onde há a presença de Palma-de-óleo (Quadro 2). Ao final do levantamento bibliográfico, foi identificado um total de 12 temas distintos de pesquisa, os quais serviram como *insights* para proposição de indicadores de monitoramento assim como propostas iniciais de desenhos experimentais utilizados em SAFs com estas características. Os dados coletados foram organizados em um banco de dados relacional, permitindo a análise sistemática dos indicadores associados a cada tema de pesquisa.

Uma revisão da literatura que informa um desenho experimental é um componente crítico de projeto, servindo a várias funções dentre as quais informar e moldar o processo da própria pesquisa. Essa abordagem sistemática ajuda os pesquisadores a compreender o estado atual do conhecimento, avaliar a relevância de estudos anteriores e refinar sua questão de pesquisa. Em última análise, ela orienta a preparação de um protocolo de pesquisa, garantindo que o projeto contribua para o avanço da mesma, fornecendo base robusta para definição do desenho da experimental (MacDonald, Wang e Turgeon, 2024).

De acordo com Holliday (2006), qualquer interpretação analítica resultante da sistematização de uma experiência deve gerar tanto *insights* teóricos quanto implicações práticas (Souza et al., 2012). Neste sentido, a matriz de sistematização juntamente com *insights* oriundos do levantamento bibliográfico foram guias para definição de um conjunto de premissas, definidas pelas duas equipes, a serem seguidas na escolha dos arranjos SAFs a serem testados, na escolha do desenho experimental e definição de indicadores de monitoramento a serem acompanhados durante o horizonte de planejamento do projeto.

Desta forma, ficou definido que: 1) deve ser considerado na escolha dos arranjos SAFs o grau de risco financeiro associado à sua implantação; 2) questões estratégicas podem ser consideradas na escolha do arranjo SAFs em detrimento do risco; 3) devem ser escolhidos para teste 2 arranjos SAFs além do monocultivo; 4) o cacau deve estar presente em todos os arranjos SAFs a serem testados; 5) o

desenho experimental deve ser em blocos casualizados devido a características do solo local; 6) o desenho experimental deve permitir avaliar o impacto da diversificação sobre a produtividade da Palma-de-óleo; 7) os indicadores de monitoramento devem ser capazes de captar o impacto da diversificação sobre os resultados econômicos dos SAFs com Palma-de-óleo testados, haja vista a lacuna de trabalhos oriundos de dados primários na literatura; 8) os indicadores de monitoramento devem ser capazes de mensurar o sequestro de carbono resultante da diversificação. Neste sentido, compreender a dinâmica operacional utilizada, os objetivos e metas da empresa com o experimento e sua inter-relação com os arranjos e delineamentos experimentais possíveis de serem utilizados foi o principal resultado desta etapa.

Quadro 2 – Trabalhos relacionados com indicadores de monitoramento específicos para SAFs com Palma-de-óleo obtidos no levantamento bibliográfico

Tema	Autoria
Ciclagem de nutrientes	(Almeida, 2020a)
Estoque de carbono / Matéria orgânica do solo	(Carvalho, 2011)
Propriedades químicas do solo	(Costa <i>et al.</i> , 2023)
Estoque de carbono	(Carvalho <i>et al.</i> , 2014)
Estoque de carbono	(Frazão <i>et al.</i> , 2014)
Propriedades químicas do solo	(Furcal-Beriguet <i>et al.</i> , 2023)
Propriedades químicas do solo	(Gomes <i>et al.</i> , 2021)
Propriedades do solo	(Gomes <i>et al.</i> , 2024)
Processos hidrológicos	(Gómez <i>et al.</i> , 2023)
Entomofauna edáfica	(Lemos <i>et al.</i> , 2011)
Polinização	(Li <i>et al.</i> , 2023)
Colonização micorrízica	(Maia <i>et al.</i> , 2021)
Colonização micorrízica	(Maia <i>et al.</i> , 2023)
Propriedades químicas do solo	(Maia, 2023)
Indicadores de sustentabilidade ambiental	(Masura <i>et al.</i> , 2021)
Indicadores de sustentabilidade ambiental	(Monteiro, 2013)
Diversidade funcional de aves	(Prabowo <i>et al.</i> , 2016)
Estoque de carbono	(Ramos <i>et al.</i> , 2018)
Propriedades químicas e biológicas do solo	(Santiago <i>et al.</i> , 2013)
Propriedades do solo	(Silva <i>et al.</i> , 2018)
Propriedades do solo	(Silva <i>et al.</i> , 2016)

Fonte: O Autor.

3.3. Definição do desenho experimental

A utilização de reuniões e discussões norteadas pela matriz de sistematização, juntamente com as premissas definidas em conjunto pelas equipes, permitiram o alinhamento de expectativas e o engajamento estruturado das partes interessadas na definição do desenho experimental para análise. Neste sentido, Borges, Terra e Dixon (2022), enfatizam que a sistematização na definição de projetos experimentais na agricultura pode aumentar significativamente a precisão e a confiabilidade dos resultados da pesquisa, especialmente em ensaios de campo em grande escala que envolvem correlações espaciais e temporais. Desta forma, a escolha correta do desenho experimental, leva a estimativas precisas do efeito do tratamento diminuindo chances de rejeitar a hipótese de nulidade sendo esta verdadeira (erro tipo I).

A escolha da quantidade de tratamentos, já havia sido pré-estabelecida pela equipe Agropalma. Em virtude da demanda de mão de obra para condução da pesquisa e do tamanho da parcela padrão determinada para o departamento III no novo ciclo de plantio (35 ha), optou-se por escolher 2 arranjos além do monocultivo orgânico para compor o experimento. Neste sentido, aspectos estratégicos internos à empresa e o risco econômico associado, foram utilizados na escolha dos arranjos a serem testados (Tabela 2).

Os altos custos de mão de obra podem limitar o número de experimentos conduzidos, reduzir o escopo dos projetos de pesquisa e, por fim, impedir a inovação no setor agrícola (Cock *et al.*, 2022). Nesse sentido, questões operacionais, como a necessidade de mão de obra para condução dos experimentos e questões técnicas como os desafios no manejo dos sistemas em função do possível arranjo experimental a ser escolhido, foram contornadas estabelecendo cada bloco na forma de faixas, o que na visão das equipes permitiria a continuidade do modelo operacional já definido para a Palma-de-óleo e também possibilitaria a mecanização de atividades na faixa diversificada, devido a distribuição espacial contínua proporcionada pela faixa (Apêndice J).

De acordo com Alston *et al.* (2023), este padrão nos custos com mão de obra, mesmo que não limitem o escopo dos projetos, podem atrasar o processo de pesquisa, levando a desgastes no processo de P&D do setor agrícola. Isso pode resultar em financiamento insuficiente para as fases subsequentes de

desenvolvimento e adoção de tecnologias, distorcendo a compreensão dos componentes econômicos e as medidas de produtividade. Ainda de acordo com o autor, conseqüentemente, o setor agrícola pode experimentar uma inovação mais lenta e competitividade reduzida em comparação com as indústrias que possuem processos de P&D mais eficientes. Estes foram os balizadores no processo final de escolha do desenho experimental, ou seja, a ponderação entre possibilidades e necessidade de pesquisa em contraponto com a necessidade de mão de obra para executar os experimentos.

Embora os arranjos CE3 e CE4 apresentem os menores riscos associados, relacionados a menor probabilidade de inviabilidade pelo critério do VPL e da TIR, foram escolhidos os arranjos CE3 e CA1. O arranjo CE3 apresenta menor risco financeiro associado à sua implantação, possui em sua composição, além dos componentes não madeireiros cacau e andiroba com produtos de alto valor agregado, o eucalipto que pode representar um componente estratégico para a empresa devido a produção de estacas para tutores da Palma-de-óleo pós plantio. Esta possibilidade pode evitar a compra de escoras de outras madeiras ou de bambu, que representam respectivamente: um custo significativo além de passivo ambiental pela extração de madeiras nativas para este fim ou apresentam qualidade inferior para servir de suporte para mudas de Palma-de-óleo.

A escolha do arranjo CE3 também se justifica pela disposição das espécies ao longo da faixa diversificada (Apêndice A). Neste caso, caso se opte pela abertura e expansão do experimento, com testes adicionais em propriedades de produtores parceiros, este arranjo possibilitaria a substituição e adaptação de espécies, desde que realizada de forma racional, sem prejuízo da sua funcionalidade. Neste processo, poderiam ser testadas espécies diferentes na faixa diversificada, em substituição na linha de eucalipto ou na linha de Andiroba. Em contrapartida, o arranjo CA1, embora com maior risco associado, foi escolhido devido ao contraste em estrutura e diversidade comparadas ao CE3. Neste sentido, mesmo sendo ambos compostos por faixas de palma com 4 plantas, a linha diversificada menor em CE3 não contempla o eucalipto, estando presentes neste caso maior densidade de plantas de cacau (Tabela 1). Espera-se que estas diferenças, permitam avaliar o efeito da presença/ausência destas espécies no resultado econômico dos arranjos. Diferenças nos resultados de indicadores de monitoramento biofísicos também são

esperados em virtude das diferenças de diversificação e largura entre faixas de Palma-de-óleo existentes entre os dois arranjos (Tabela 2).

Tabela 2 – Risco percentual associado a escolha de arranjos SAFs, em função do VPL e da TIR de acordo com as simulações realizadas pelo método de Monte Carlo

Arranjos	VPL (inviável) ¹	TIR (inviável) ²	Distâncias e Espaçamentos ³	Espécies Presentes
CE3	3,4%	2,8%	4L 24m (94 n/ha)	Cacau; Eucalipto; Andiroba e Palma
CE4	6,9%	6,3%	8L 30m (105 n/ha)	Cacau; Eucalipto; Castanha e Palma
CP1	13,6%	12,9%	4L 18m (107 n/ha)	Cupuaçu; Andiroba e Palma
CA1	22,1%	21,4%	4L 18m (107 n/ha)	Cacau; Andiroba e Palma
Monocultivo ⁴	51,9	50,1	(143 n/ha)	Palma

Fonte: O autor;

¹ Risco percentual de ocorrer VPL inviável considerando um universo de 5000 iterações;

² Risco percentual de ocorrer TIR inviável considerando um universo de 5000 iterações;

³ Onde L representa o número de linhas de Palma em cada faixa e m a distância em metros entre faixas de Palma;

⁴ Monocultivo orgânico com Palma-de-óleo.

Adicionalmente, aspectos técnicos, científicos e operacionais foram discutidos ao longo das reuniões e foram levados em consideração na escolha definitiva do arranjo experimental. Esta etapa em conjunto com as premissas geradas, possibilitou definir o Delineamento em Blocos Casualizados como o mais adequado, devido às variações inerentes a um experimento de campo em larga escala.

Para tanto, foram definidos 4 blocos para composição final do experimento, que apresenta por consequência 4 repetições. As faixas em cada bloco, formarão os tratamentos a saber: Arranjo CE3 (Tratamento 1), Arranjo CA1 (Tratamento 2) e Monocultivo Orgânico (Testemunha) (2 graus de liberdade para tratamentos, 3 para blocos, 6 para o resíduo e 11 para o total). Serão utilizadas 2 parcelas padrão do Departamento III, com 35 ha cada totalizando 70 ha no total com dois blocos por parcela (Apêndice J).

3.4. Definição dos indicadores de monitoramento

A análise do banco de dados relacional, gerado a partir da revisão bibliográfica, em conjunto com a matriz de sistematização foram os guias para definição e proposição de 45 indicadores de monitoramento para os SAFs que serão implantados no experimento, assim como a frequência de avaliação e intensidade amostral (Apêndice K). Neste sentido, para alcançar os resultados esperados a partir das avaliações descritas no Quadro 1, foram realizadas novamente reuniões entre as equipes, com objetivo de integrar expectativas em relação aos resultados esperados com o uso dos indicadores propostos.

A partir do desenho experimental proposto (Apêndice J), os indicadores foram sistematicamente organizados e classificados em função da abordagem a qual se referem e também em função da zona de manejo associada ao processo de amostragem, ambas definidas em conjunto pelas equipes. Os indicadores biofísicos foram distribuídos dentro das abordagens ambiental e agronômica e o indicadores econômicos dentro da abordagem econômica (Figura 4).

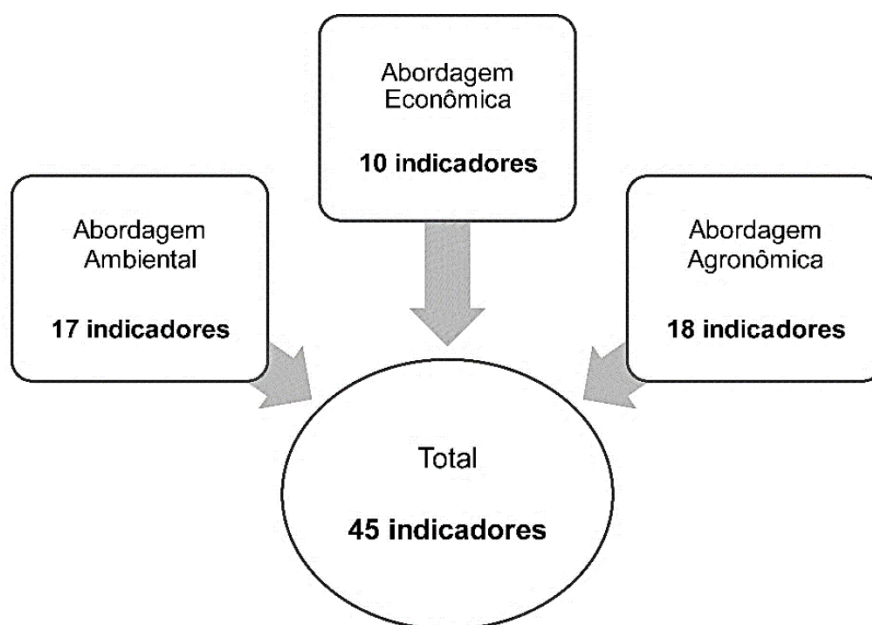


Figura 4 – Distribuição quantitativa dos indicadores em função da abordagem relacionada.

Fonte: O Autor.

A abordagem ambiental inclui indicadores relacionados ao ambiente do SAFs, e tentam explicar as relações entre os componentes do sistema e meio biofísico; a abordagem agronômica inclui indicadores diretamente relacionados com a produtividade da Palma-de-óleo ou dos demais componentes do sistema; a abordagem econômica inclui indicadores relacionados com custo, receita e indicadores de viabilidade econômica.

Em cada tratamento, foram definidas 4 zonas de manejo, visando a organização e direcionamento da amostragem e interpretação dos indicadores biofísicos. Neste sentido, foram utilizadas as zonas propostas por Gomes et al. (2024b) e Costa et al. (2023) para orientar a coleta para análise do meio biofísico em SAFs: Projeção da copa — área fertilizada onde a vegetação foi removida, a cerca de 1,5 m da base do caule da Palma-de-óleo; Linha de carreamento — área de tráfego de máquinas; Linha de empilhamento — local onde folhas de Palma-de-óleo e outras espécies, como Cacau, são depositadas; Faixa diversificada — faixa de tamanho variável localizada entre duas faixas de Palma-de-óleo.

Além da faixa diversificada, foi proposta como área de coleta a faixa de palma (Faixa composta por 4 linhas de Palma-de-óleo). Ao direcionar o local para amostragem, as medições serão feitas de forma uniforme ao longo da faixa, permitindo localizar espacialmente cada indicador e cada medição realizada, caso seja de interesse da empresa. A amostragem dos indicadores econômicos foi do tipo censo, ou seja, devem ser levantados todos os itens que compõem os itens de custo, receitas e consequentemente avaliações financeiras, de forma a obtê-los para cada repetição de cada tratamento.

A descrição dos 45 indicadores propostos, assim como literaturas para aprofundamento na coleta e análises de dados estão no Apêndice L. O banco de dados obtido a partir da revisão de literatura foi consultado para propor indicadores, porém não foi a única fonte utilizada. Também foram pesquisados manuais de procedimentos internos, artigos e livros relacionados aos diversos temas associados aos indicadores, sendo inseridos no repositório de pesquisa do experimento. Neste sentido, os indicadores biofísicos e econômicos foram decididos durante rodadas de reuniões, onde foi possível incorporar na metodologia a ser utilizada, quando possível, os procedimentos internos referentes a atividades de monitoramento já realizadas internamente. Conforme ilustrado na Figura 3, o processo de definição dos indicadores a serem utilizados na pesquisa de campo teve caráter cíclico, com

etapas de proposição (pela equipe UFV) e validação (pela equipe Agropalma) das abordagens para cada indicador se repetindo até o fechamento da proposta final.

Este fato é reforçado por Raintree (1983), que afirma que a natureza cíclica do método (D&D) faz com que o progresso do projeto forneça continuamente novas informações que retroalimentam o processo de proposição de arranjos e desenhos de SAFs. Ainda de acordo com o autor, essa abordagem iterativa pode ser potencializada pela pesquisa de campo (*on-farm research*), que considera as especificidades do sítio de pesquisa para ampliar a relevância e a aplicabilidade dos resultados. Adicionalmente, neste caso específico do monitoramento, o envolvimento direto das partes interessadas, facilitou a proposição e entendimento das propostas, facilitando novas análises e ajustes no conjunto de indicadores. Assim, a base de monitoramento sugerida pôde se basear no processo cíclico de diagnóstico, intervenção e reavaliação para propor indicadores de monitoramento otimizados e alinhados às condições reais do sistema.

O número de indicadores a serem propostos no monitoramento de SAFs deve ser limitado, focando apenas nas categorias e elementos mais relevantes (Camino e Müller, 1993). No entanto, apesar de extensos, os resultados obtidos apresentam uma lista ampla, abrangendo diversos aspectos do meio biofísico e econômico possíveis para a avaliação da sustentabilidade para o experimento sugerido. Essa variedade de indicadores permite que a parte interessada selecione aqueles que atendem às suas necessidades específicas. Neste sentido, a escolha de quais utilizar no momento de instalação do projeto deve ser baseada nas limitações e necessidades, porém garantindo uma análise adequada ao contexto do empreendimento agroflorestal (Daniel, 1999).

Os indicadores biofísicos, subdivididos neste trabalho naqueles com abordagem agronômica (17) e abordagem ambiental (18), representam um total de 35 indicadores. Os temas principais levantados na literatura (Quadro 2) associados a diferentes indicadores (Apêndices I e K), abordam diferentes áreas para investigação do meio biofísico do projeto. É maior a utilização de indicadores biofísicos para monitoramento de sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo, principalmente devido a sua menor complexidade de medição, quando comparada com indicadores socioeconômicos e à capacidade de fornecer dados confiáveis com necessidade de coleta de dados menos abrangentes e menos onerosas em tempo e recursos (Boyd, Johnston e Ringold, 2023).

As interações biofísicas, como mudanças na fertilidade do solo, modificação do microclima e disponibilidade de recursos, podem ser medidas diretamente usando métodos e ferramentas científicas estabelecidas e consolidadas, que permitem o monitoramento preciso das mudanças espaciais e temporais (Rao, Nair e Ong, 1997; Wani *et al.*, 2005). Esses indicadores são frequentemente vinculados a serviços ecossistêmicos, como sequestro de carbono e conservação da biodiversidade, que são quantificáveis por meio de métricas como armazenamento de carbono e índices de biodiversidade (Nair e Toth, 2016; Thevathasan *et al.*, 2014).

Em contrapartida, embora exista o interesse com o monitoramento em verificar a viabilidade econômica dos arranjos SAFs propostos para a Palma-de-óleo, foram mantidos na lista final 10 indicadores com abordagem econômica. O interesse foi motivado pela escassez na literatura de estudos que incorporam indicadores econômicos realizados em SAFs, o que pode ser atribuído à complexidade destes sistemas que possuem vários componentes, como árvores, culturas agrícolas e, às vezes gado, o que complica a avaliação de seu desempenho econômico (Nair, Kumar e Nair, 2022). Além disso, a diversidade de práticas agroflorestais em diferentes regiões e contextos dificulta a generalização das descobertas, levando a uma base de evidências irregular. (Louman *et al.*, 2024; Waldén *et al.*, 2024).

Esses desafios são agravados pela necessidade de coleta e análise abrangentes de dados, que geralmente torna pesquisas com estas características onerosas em tempo e recursos, o que leva a lacunas de pesquisa significativas na compreensão dos riscos econômicos associados aos SAFs (Atangana *et al.*, 2014b). Desta forma, enquanto os indicadores biofísicos fornecem medições claras, replicáveis e diretas, os indicadores econômicos envolvem avaliações mais abstratas indiretas, complicando sua medição e interpretação em sistemas agroflorestais. Por este motivo, para Köthke, Ahimbisibwe e Lippe (2022), a base de evidências para resultados econômicos em SAFs é menos desenvolvida em comparação com os resultados biofísicos, o que embora seja resultado da complexidade da pesquisa, representa oportunidades de inovação e adaptação para os estudos econômicos.

A necessidade de mão de obra para P&D e custos associados foram indicados como um fator limitante para a realização da pesquisa, conforme

evidenciado nas reuniões e matriz de sistematização. Este fato é reforçado por Parente *et al.* (2021), que afirma que os custos com mão de obra influenciam significativamente a pesquisa agrícola, afetando a alocação de recursos, a eficiência das atividades e a produtividade geral deste componente do setor. Entretanto, estratégias para buscar financiamento externo podem amortecer o impacto inerente às pesquisas em grande escala, como o caso da proposta deste trabalho. Neste sentido, as parcerias público-privadas (PPPs) podem constituir abordagem interessante pois, ao aproveitar os pontos fortes de ambos os setores pode impulsionar a inovação e o desenvolvimento, facilitando agrupamento de recursos, conhecimentos e redes, levando a resultados de pesquisa mais eficientes e eficazes (Feuillet e Eversole, 2023). Ao alinhar os objetivos das entidades públicas e privadas, as PPPs podem criar uma sinergia que aceleraria o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias no setor agrícola (Hermans *et al.*, 2019).

4. CONCLUSÕES

A metodologia de Diagnóstico e Desenho (D&D) foi eficiente para escolha de arranjos SAFs para compor o experimento de campo na Agropalma S/A. Ao final foram escolhidos 2 arranjos SAFs além do monocultivo para formar os tratamentos experimentais.

As ferramentas de reunião, matriz de sistematização, revisão bibliográfica e banco de dados, foram eficientes para nortear discussões e sistematizar informações, auxiliando na escolha de 45 indicadores de monitoramento possíveis de avaliação nos arranjos SAFs escolhidos para utilização no experimento.

Entre os indicadores escolhidos, 17 possuem abordagem ambiental, 10 possuem abordagem econômica e 18 abordagem agrônômica. Apesar de a necessidade de mão de obra ter sido apontada como um fator limitante para condução da pesquisa a análise conjunta dos cenários indicou que este problema pode ser contornado por meio de financiamentos externos como parcerias público privadas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M.; CORRAL, S. Multicriteria Decision Analysis and Participatory Decision Support Systems in Forest Management. **Forests**, v. 8, n. 4, p. 116, 10 abr. 2017.

AGROPALMA S/A. **RO-GFIT-014 - Visita Fitossanitária**, 2021.

_____. **RO-GFIT-007 - Amostragem do Estudo de Produção**, 2022.

_____. **Departamento de pesquisa em fitossanidade. Dados da estação meteorológica do departamento I**. [s.l.] Agropalma S/A, 2024a.

_____. **RO-GFIT-006 - Coleta e Preparo de Folíolos Amostras de Solo, Tecido Vegetal, Fertilizantes**, 2024b.

ALBERTIN, A. L. Aumentando as chances de sucesso no desenvolvimento e implementação de sistemas de informações. **Revista de Administração de Empresas**, v. 36, n. 3, p. 61–69, set. 1996.

ALFENAS, A.; ZAUZA, E.; MAFIA, R.; ASSIS, T. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009.

ALMEIDA, K. C. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos de Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) em sistemas agroflorestais e monocultivo na Amazônia Oriental**. Belém: Universidade Federal Rural Da Amazônia, 2020a.

_____. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos de Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) em sistemas agroflorestais e monocultivo na Amazônia Oriental**. Belém: UFRA, 2020b.

ALSTON, J. M.; PARDEY, P. G.; SERFAS, D.; WANG, S. Slow Magic: Agricultural Versus Industrial R&D Lag Models. **Annual Review of Resource Economics**, v. 15, n. 1, p. 471–493, 5 out. 2023.

ALTHIYABI, T.; QURESHI, R. Predefined Project Scope Changes and its Causes for Project Success. **International Journal of Software Engineering & Applications**, v. 12, n. 3, p. 45–56, 31 maio 2021.

ANDERSON, T.-H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 251–255, jan. 1990.

ASTARI, A. J.; SOMANTRI, L.; BRATANEGARA, A. S.; IHSAN, H. M.; ALIYAN, S. A. Ecological criteria for sustainability in global, national, and local scales: a review of the literature and case study in the indonesian palm oil sector. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1089, n. 1, p. 012072, 1 nov. 2022.

ATANGANA, A.; KHASA, D.; CHANG, S.; DEGRANDE, A. **Tropical Agroforestry**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014a.

_____. Economics in Agroforestry. **Tropical Agroforestry**, p. 291–322, 2014b.

BARLAGNE, C.; BÉZARD, M.; DRILLET, E.; LARADE, A.; DIMAN, J. L.; ALEXANDRE, G.; VINGLASSALON, A.; NIJNIK, M. Stakeholders' engagement platform to identify sustainable pathways for the development of multi-functional agroforestry in Guadeloupe, French West Indies. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 3, p. 463–479, 1 mar. 2023.

BEJARANO, P.-A. C.; RODRIGUEZ-MIRANDA, J.-P.; MALDONADO-ASTUDILLO, R. I.; MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; SALAZAR, R. Circular Economy Indicators for the Assessment of Waste and By-Products from the Palm Oil Sector. **Processes**, v. 10, n. 5, p. 903, 3 maio 2022.

BERNSEN, N. O.; DYBKJAER, L. Meetings with Discussion. *Em*: [s.l: s.n.]. p. 197–208.

BORDEAUX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BORGES MIRA, A.; TERRA, J.; DIXON, P. Experimental designs and spatial and/or temporal models in agricultural, livestock and forestry production systems. **Agrociencia Uruguay**, v. 26, n. Supplement theses, 20 out. 2022.

BOYD, J.; JOHNSTON, R. J.; RINGOLD, P. Biophysical Measures to Support Analysis and Communication of Existence Values. **International Review of Environmental and Resource Economics**, v. 17, n. 2–3, p. 153–230, 2023.

BRANCHER, T. **Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental**. Belém: UFPA, 2010.

BRINKEN, J.; TROJAHN, S.; BEHRENDT, F. Sufficiency, Consistency, and Efficiency as a Base for Systemizing Sustainability Measures in Food Supply Chains. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6742, 31 maio 2022.

CAMINO, V. R.; MÚLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales : bases para establecer indicadores**. San José: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1993.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**. Viçosa: UFV, 2009.

CARVALHO, W. R. **Estoque de carbono e fracionamento físico da matéria orgânica do solo sob cultivo de Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

CARVALHO, W. R. DE; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CAPELA, C. J. B.; CASTELLANI, D. C. Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 357–368, 25 mar. 2014.

CARVALHO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CAPELA, C. J. B.; CASTELLANI, D. C. Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 357–368, 25 abr. 2014.

CASSONE, D. Aligning with Corporate Goals and Objectives. *Em*: [s.l: s.n.]. p. 45–54.

CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H. C.; BAKER, T. R.; EASDALE, T. A.; STEEGE, H. TER; WEBB, C. O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, v. 16, n. 6, p. 2356–2367, 1 dez. 2006.

COCK, J.; PRAGER, S.; MEINKE, H.; ECHEVERRIA, R. Labour productivity: The forgotten yield gap. **Agricultural Systems**, v. 201, ago. 2022.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. The Oil Palm: Fifth Edition. **The Oil Palm: Fifth Edition**, p. 1–655, 3 out. 2015.

COSTA, C.; COSTA, I.; COSTA, M.; LIMA, B.; SOUZA, G.; SILVA, R. Criteria for scaling up oil palm agroforestry in northeastern Pará, Brazil. **Tropical Forest Issues**, n. 62, 18 mar. 2024.

COSTA, L. R. J.; MATOS, G. S. B. DE; GOMES, M. F.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C.; GUEDES, R. S.; VASCONCELOS, S. S. Soil fertility in oil palm agroforestry systems in the Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 5, p. 865–881, 16 jun. 2023.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais. Definition of sustainability indicators for agroforestry systems.** Viçosa - MG: UFV, 1999.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. **Geoderma**, v. 120, n. 3–4, p. 201–214, jun. 2004.

DUMONT, E. S.; BONHOMME, S.; PAGELLA, T. F.; SINCLAIR, F. L. Structured stakeholder engagement leads to development of more diverse and inclusive agroforestry options. **Experimental Agriculture**, v. 55, n. S1, p. 252–274, 30 jun. 2019.

ED. What is Agroforestry? **Agroforestry Systems**, v. 1, n. 1, p. 7–12, 1982.

FEUILLET, C.; EVERSOLE, K. An integrated, systems-wide approach is needed for public-private partnerships to drive genetic innovation in crops. **PLOS Biology**, v. 21, n. 7, p. e3002181, 6 jul. 2023.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

FRAZÃO, L. A.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Soil carbon stocks under oil palm plantations in Bahia State, Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 62, p. 1–7, mar. 2014.

FURCAL-BERIGUETE, P.; ROBLES-ARGÜELLO, Z.; SALAZAR-DÍAZ, R. Evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestal con Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Revista Tecnología en Marcha**, v. 36, n. 2, p. Pág. 20-31, 6 mar. 2023.

GOMES, M. F.; OLIVEIRA, R. L. L. DE; COSTA, L. R. DE J.; CAMPOS, W. V. DA S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C.; VASCONCELOS, S. S. Soil health indicators in oil palm agroforestry systems in the eastern Amazon, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 37, p. e00806, 1 jun. 2024a.

_____. Soil health indicators in oil palm agroforestry systems in the eastern Amazon, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 37, p. e00806, 1 jun. 2024b.

GOMES, M. F.; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; COSTA, A. N. M.; BARROS, P. C.; RYOHEI KATO, O.; CASTELLANI, D. C. Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 15, p. 4313–4326, 16 set. 2021.

GÓMEZ MATEUS, A. M.; DOMPTAIL, S.; MAGIERA, A.; WALDHARDT, R. How landscape characteristics in a heterogeneous oil palm plantation mitigate pest abundance: A case study from Mapiripán, Colombia. **Forest Ecology and Management**, v. 540, p. 121061, jul. 2023.

GONÇALVES, L. M. S. **Análise técnica e econômica do cultivo de *Elaeis guineensis* Jacq. em sistema agroflorestal**. Viçosa, MG: [s.n.].

HÅKANSSON, I.; LIPIEC, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 53, n. 2, p. 71–85, jan. 2000.

HERMANS, F.; GEERLING-EIFF, F.; POTTERS, J.; KLERKX, L. Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments – Assessing their contribution to innovation system function dynamics. **NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 88, n. 1, p. 76–95, 1 abr. 2019.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da Floresta Tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 153–153, jun. 1998.

HOLLIDAY, O. J. **Para sistematizar experiências**. 2. ed. Brasília: MMA, 2006.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**: 1. Brasília: [s.n.].

KÖTHKE, M.; AHIMBISIBWE, V.; LIPPE, M. The evidence base on the environmental, economic and social outcomes of agroforestry is patchy—An evidence review map. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 11 ago. 2022.

KOUSSIHOUÈDÉ, H.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; AHOLOUKPÈ, H.; BARTHÈS, B.; CHAPUIS-LARDY, L.; JASSOGNE, L.; AMADJI, G. Diversity and socio-economic aspects of oil palm agroforestry systems on the Allada plateau, southern Benin. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 41–56, 1 fev. 2020.

LEMO, W. DE P.; LIMA, M. DE M.; ESPÍRITO SANTO, L. N. DO; BISPO, C. J. C. **Artropodofauna de solo com potencial de uso em programas de controle biológico de pragas em cultivos alternativos de Palma-de-óleo (Elaeis Guineensis)** (R. Porro, M. Kanashiro, M. S. G. Ferreira, L. S. Sampaio, & G. F. Sousa, Eds.) CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SBSAFs). **Anais...** Belém, PA: SBSAFs, 2011

LI, K.; GRASS, I.; ZEMP, D. C.; LORENZ, H.; SACHSENMAIER, L.; NURDIANSYAH, F.; HÖLSCHER, D.; KREFT, H.; TSCHARNTKE, T. Tree identity and canopy openness mediate oil palm biodiversity enrichment effects on insect herbivory and pollination. **Ecological Applications**, v. 33, n. 5, 15 jul. 2023.

LOUMAN, B.; MOYA, J. M.; DAM, J. VAN; PAMERNECKYTE, G.; COMUZZI, T.; NGHI, T. H.; THANG, T. N.; JEZEER, R.; GRAAF, M. DE. Designing agroforestry systems for greater economic viability and resilience. **Tropical Forest Issues**, n. 62, 18 mar. 2024.

MACDONALD, B. J.; WANG, E. H. Z.; TURGEON, R. D. Research and scholarly methods: Appraising the available literature to inform a research project. **JACCP: JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL PHARMACY**, v. 7, n. 7, p. 659–669, 19 jul. 2024.

MAIA, F. R. The economic viability of an agroforestry system in relation to monoculture. **Journal of Interdisciplinary Debates**, v. 4, n. 04, p. 341–356, 23 nov. 2023.

MAIA, R. DA S. Implementação de Sistemas Agroflorestais como estratégia sustentável para melhorar a disponibilidade de fósforo no cultivo de Palma-de-óleo

na Amazônia. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 4, p. 1–9, 11 set. 2023.

MAIA, R. DA S.; MIRANDA, G. C. N.; ALMEIDA, A. G. G. DE; SILVA, T. C. DE S.; PINTO, R. C. P.; VASCONCELOS, S. S. Influências dos Sistemas Agroflorestais e monocultivo de Palma-de-óleo (*Elaeis guineensis*) na atividade dos fungos micorrízicos arbusculares na Amazônia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 18, n. 1, p. 29–36, 19 fev. 2023.

MAIA, R. DA S.; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; CASTELLANI, D. C.; KATO, O. R. Oil palm (*Elaeis guineensis*) shows higher mycorrhizal colonization when planted in agroforestry than in monoculture. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 4, p. 731–740, 1 abr. 2021.

MASURE, A.; MARTIN, P.; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. Promoting oil palm-based agroforestry systems: an asset for the sustainability of the sector. **Cahiers Agricultures**, v. 32, p. 16, 19 abr. 2023.

MASURE, A.; TCHOUA, L. B. F. DE; LACAN, X.; RAFFLEGEAU, S. **Agroforesterie à palmier à huile: Adoption et adaptation de prototypes de systèmes agroforestiers (SAFs) par des agriculteurs de la région Centre du Cameroun**. Montpellier: [s.n.].

MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. **Matéria Orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005.

MIKLÓS, A. A. W. **Diagnóstico do estado do atual dos solos das áreas agrícolas em função do manejo**. Piracicaba, São Paulo: Relatório realizado para o Grupo Agropalma nos Departamentos CRAI e Agropalma. ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 1998.

MONTEIRO, K. F. G. **Análise de indicadores de sustentabilidade socioambiental em diferentes sistemas produtivos com Palma-de-óleo no Estado do Pará**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

NADARAJA, D.; LU, C.; ISLAM, M. M. The Sustainability Assessment of Plantation Agriculture - A Systematic Review of Sustainability Indicators. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 892–910, abr. 2021.

NAIR, P. K. R. State-of-the-art of agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 45, n. 1–4, p. 5–29, 30 nov. 1991.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. An introduction to agroforestry: Four decades of scientific developments. **An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments**, p. 1–666, 12 jan. 2022.

NAIR, P. K. R.; TOTH, G. G. Measuring Agricultural Sustainability in Agroforestry Systems. *Em: Climate Change and Multi-Dimensional Sustainability in African Agriculture*. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 365–394.

NORONHA, G. N. **Cadeia produtiva da pecuária de corte do município de Tailândia, estado do Pará: estrutura e caracterização sanitária dos abates**. Belém, PA: [s.n.].

NUNES S.; ALMADA H. K.; MARTINS G. C.; RAMOS S.; RIBEIRO P. G; SILVA JUNIOR E. C.; CHAGAS D.; CAVALCANTE R. B. L.; MARTINS H.; FRANCISCO R. **Análise do índice de performance agroflorestal em SAFs da região de Carajás, Pará - 2022**. Belém: [s.n.].

NURSYAMIN, Z.; YAHYA, M. S.; ATIKAH, S. N.; TOHIRAN, K. A.; NORHISHAM, A. R.; OTHMAN, N. W.; LECHNER, A. M.; AZHAR, B. Identifying indicator bird species for sustainable oil palm plantation certification. **Journal of Cleaner Production**, v. 415, p. 137852, 20 ago. 2023.

OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. **Identificação e manejo das principais doenças do cacaueteiro no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 2005.

PALISADE CORPORATION. **Manual do Usuário @RISK Versão 5.5: Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos**, 2010.

PAPADOPOULOS, A. Soil Aggregates, Structure, and Stability. *Em: [s.l: s.n.]*. p. 736–740.

PARENTE, R.; MELO, M.; ANDREWS, D.; KUMARASWAMY, A.; VASCONCELOS, F. Public sector organizations and agricultural catch-up dilemma in emerging markets: The orchestrating role of Embrapa in Brazil. **Journal of International Business Studies**, v. 52, n. 4, p. 646–670, 21 jun. 2021.

PRABOWO, W. E.; DARRAS, K.; CLOUGH, Y.; TOLEDO-HERNANDEZ, M.; ARLETTAZ, R.; MULYANI, Y. A.; TSCHARNTKE, T. Bird Responses to Lowland Rainforest Conversion in Sumatran Smallholder Landscapes, Indonesia. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0154876, 25 maio 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 7th. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute (PMI), 2021.

PUJIONO, E.; SRI RAHARJO, S. A.; NJURUMANA, G. N.; PRASETYO, B. D.; RIANAWATI, H. Sustainability status of agroforestry systems in Timor Island, Indonesia. **E3S Web of Conferences**, v. 305, p. 04003, 23 set. 2021.

RAINTREE, J. B. **Guidelines for Agroforestry Diagnosis and Design**. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), 1983.

RAMOS, H. M. N.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C. Above- and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, 3 out. 2017.

_____. Above- and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 221–237, 1 abr. 2018.

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1/3, p. 3–50, 1997.

ROSCA, D.; BANICA, L.; MIRELA, S. Building Successful Information Systems – a Key for Successful Organization. **Annals of Dunărea de Jos University. Fascicle I: Economics and Applied Informatics**, 1 dez. 2010.

SAFITRI, L.; HERMANTORO, H.; PURBOSENO, S.; KAUTSAR, V.; SAPTOMO, S. K.; KURNIAWAN, A. Water Footprint and Crop Water Usage of Oil Palm (*Elaeis guineensis*) in Central Kalimantan: Environmental Sustainability Indicators for Different Crop Age and Soil Conditions. **Water**, v. 11, n. 1, p. 35, 25 dez. 2018.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 395–405, 2013.

SANTOS FILHO, L. **O negócio produção de amêndoas de cacau, no Estado da Bahia**. Ilhéus: [s.n.].

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999.

SILVA, C. M. DA; VASCONCELOS, S. S.; MOURÃO JÚNIOR, M.; BISPO, C. J. C.; KATO, O. R.; SILVA JUNIOR, A. C. DA; CASTELLANI, D. C. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com Palma-de-óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 1–12, mar. 2016.

SILVA, C. S. DA; MENDONÇA, B. A. F. DE; PEREIRA, M. G.; ARAÚJO, E. J. G. DE; CASTELLANI, D. C. Spatial dependency and correlation of properties of soil cultivated with oil palm, *Elaeis guineensis*, in agroforestry systems in the eastern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 280–289, dez. 2018.

SILVA, M. L. DA; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931–936, dez. 2005.

SMITH, J. G.; FLYNN, M. L.; SHUFFLER, M. L.; CARTER, D. R.; THAYER, A. L. Meetings as a Facilitator of Multiteam System Functioning. *Em*: [s.l.: s.n.]. p. 231–250.

SMITH, L. G. *et al.* Assessing the multidimensional elements of sustainability in European agroforestry systems. **Agricultural Systems**, v. 197, p. 103357, mar. 2022.

SOUZA, H. N. DE; CARDOSO, I. M.; SÁ MENDONÇA, E. DE; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B. DE; GJORUP, D. F.; BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 2, p. 247–262, 7 jun. 2012.

STONE, J. *et al.* Maintaining understory vegetation in oil palm plantations supports higher assassin bug numbers. **Ecological Solutions and Evidence**, v. 4, n. 4, 15 out. 2023.

SUSANTI, A.; MARHAENTO, H.; PERMADI, D. B.; HERMUDANANTO; BUDIADI; IMRON, M. A.; MAIMUNAH, S.; SUSANTO, D.; BAKHTIAR, I.; LEMBASI, M. Smallholder farmers' perception on oil palm agroforestry. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 449, n. 1, p. 012056, 1 fev. 2020.

TEIXEIRA, P. C. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

THEVATHASAN, N.; GORDON, A.; SIMPSON, J.; PENG, X.; SILIM, S.; SOOLANAYAKANAHALLY, R.; GOOIJER, H. DE. Sustainability Indicators of Biomass Production in Agroforestry Systems. **The Open Agriculture Journal**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 21 fev. 2014.

VIRGENS, A. P. DAS; FREITAS, L. C. DE; LEITE, Â. M. P. Análise Econômica e de Sensibilidade em um Povoamento Implantado no Sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 211–219, 23 fev. 2016.

WALDÉN, P.; ERONEN, M.; KASEVA, J.; NEGASH, M.; KAHILUOTO, H. Determinants of the economy in multistrata agroforestry in Ethiopia. **Land Use Policy**, v. 141, p. 107162, jun. 2024.

WANG, R.; QIU, L.; CRANSHAW, J.; ZHANG, A. X. Meeting Bridges: Designing Information Artifacts that Bridge from Synchronous Meetings to Asynchronous Collaboration. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, v. 8, n. CSCW1, p. 1–29, 17 abr. 2024.

WANI, S. P.; PIARA SINGH, P. S.; DWIVEDI, R. S.; NAVALGUND, R. R.; RAMAKRISHNA, A. Biophysical indicators of agro-ecosystem services and methods for monitoring the impacts of NRM technologies at different scales. *Em: Natural resource management in agriculture: methods for assessing economic and environmental impacts*. UK: CABI Publishing, 2005. p. 97–124.

WOITTIEZ, L. S.; WIJK, M. T. VAN; SLINGERLAND, M.; NOORDWIJK, M. VAN; GILLER, K. E. Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. **European Journal of Agronomy**, v. 83, p. 57–77, 1 fev. 2017.

YAHYA, M. S.; IBRAHIM, N. L.; KAMARUDIN, N.; AHMAD, S. N.; ATIKAH, S. N.; SANUSI, R.; NORHISHAM, A. R.; MASRI, M. M. M.; AZHAR, B. Higher avian biodiversity, increased shrub cover and proximity to continuous forest may reduce pest insect crop loss in small-scale oil palm farming. **Journal of Applied Ecology**, v. 61, n. 6, p. 1255–1268, 23 jun. 2024.

YEMADJE, R. H.; KOUSSIHOUÈDÉ, H.; RAFFLEGEAU, S. Unravelling sustainable intensification in oil-palm agroforestry on the Adja plateau, Benin. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 4, p. 483–494, 20 abr. 2023.

APÊNDICE A

Figura 1: Representação para o arranjo CA1

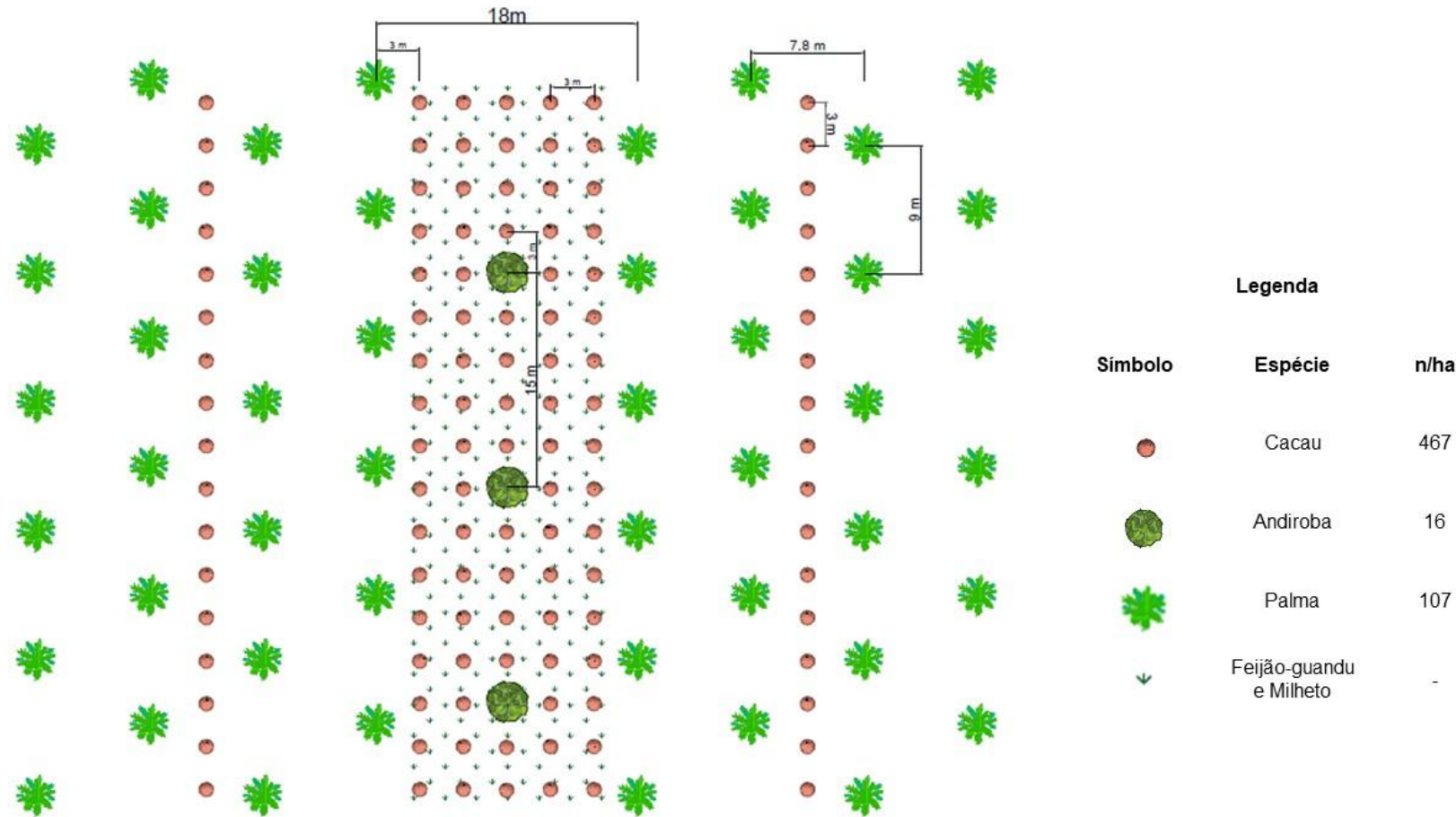


Figura 2: Representação para o arranjo CA2

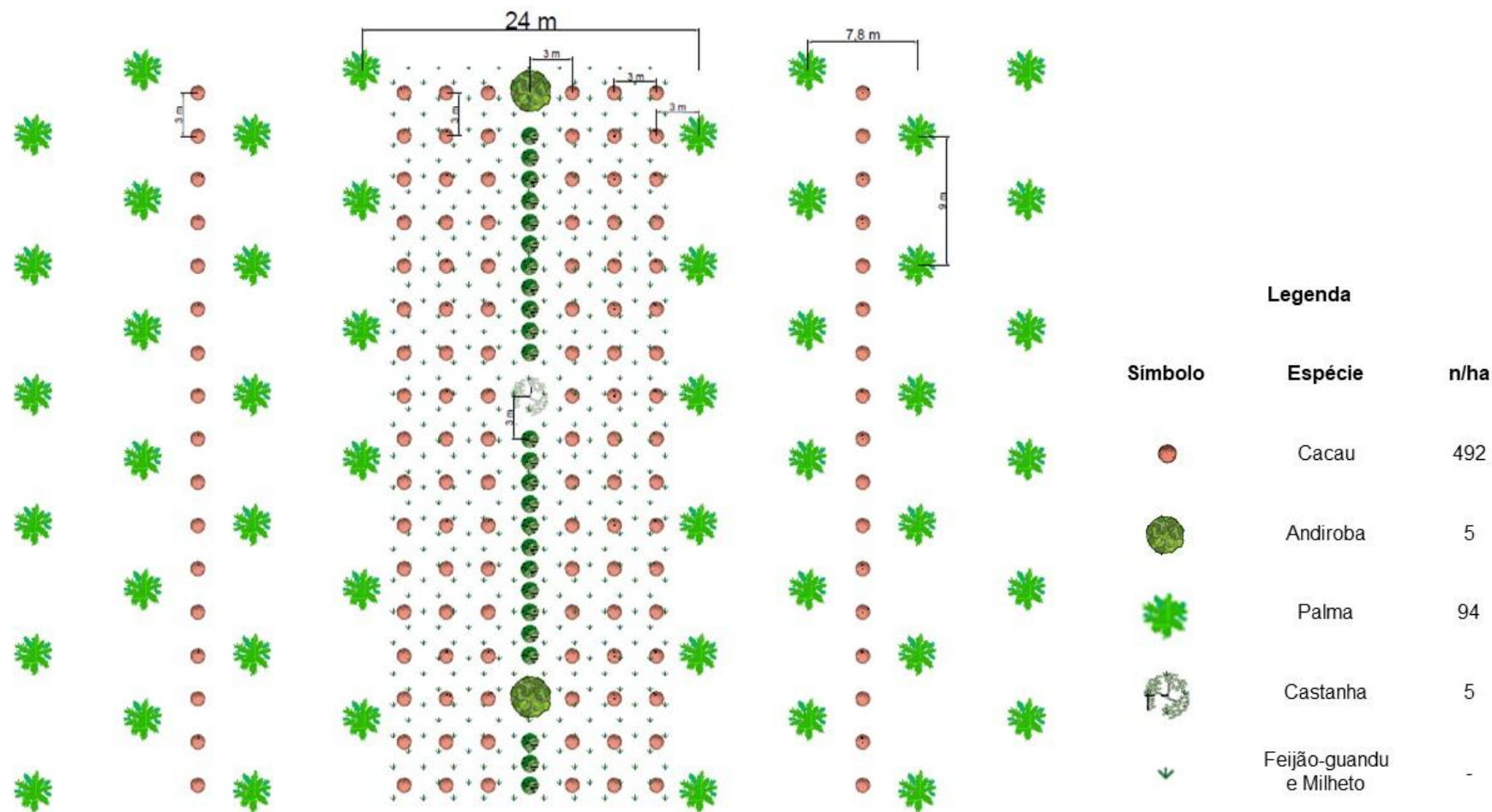


Figura 3: Representação para o arranjo CA3

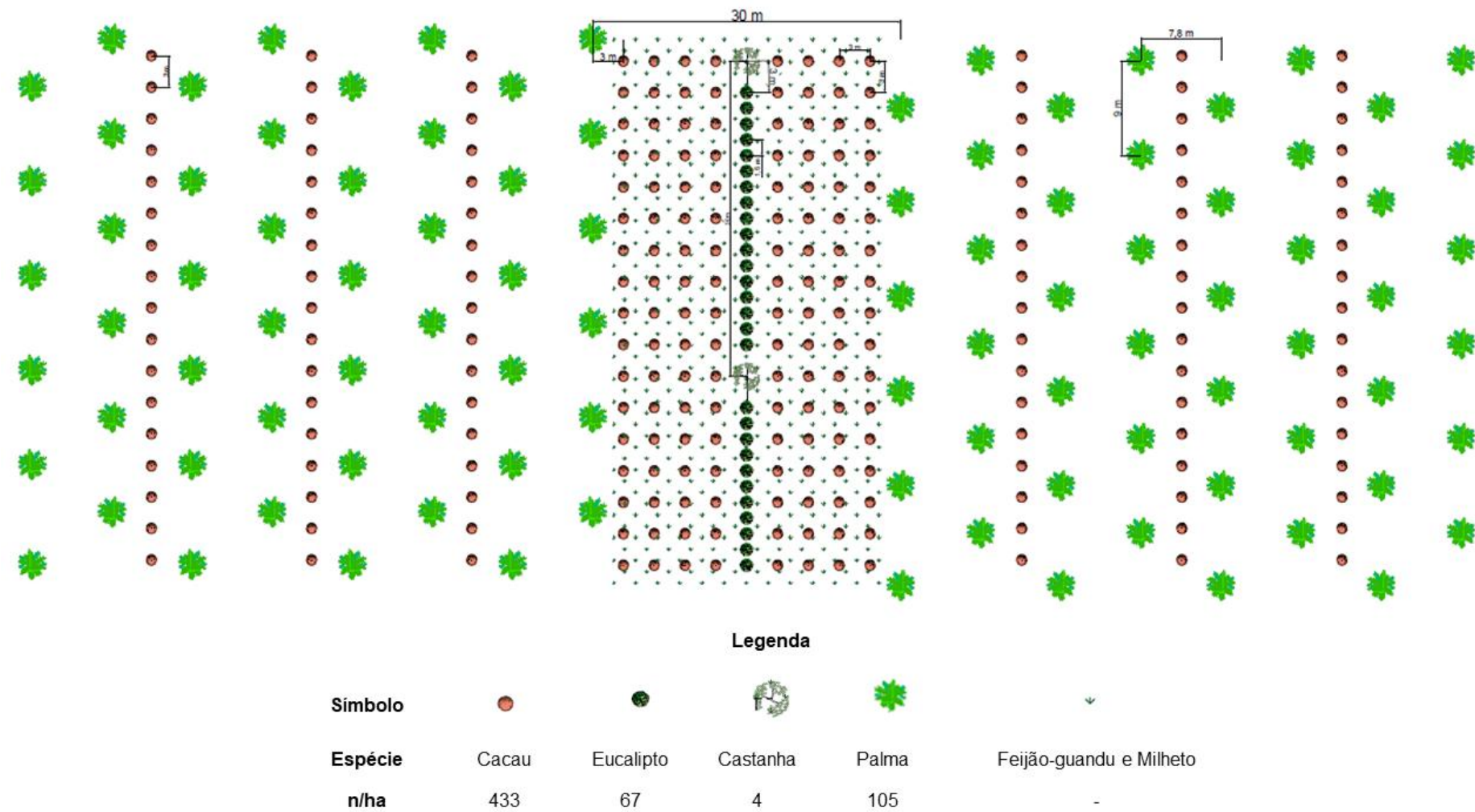


Figura 4: Representação para o arranjo CE1

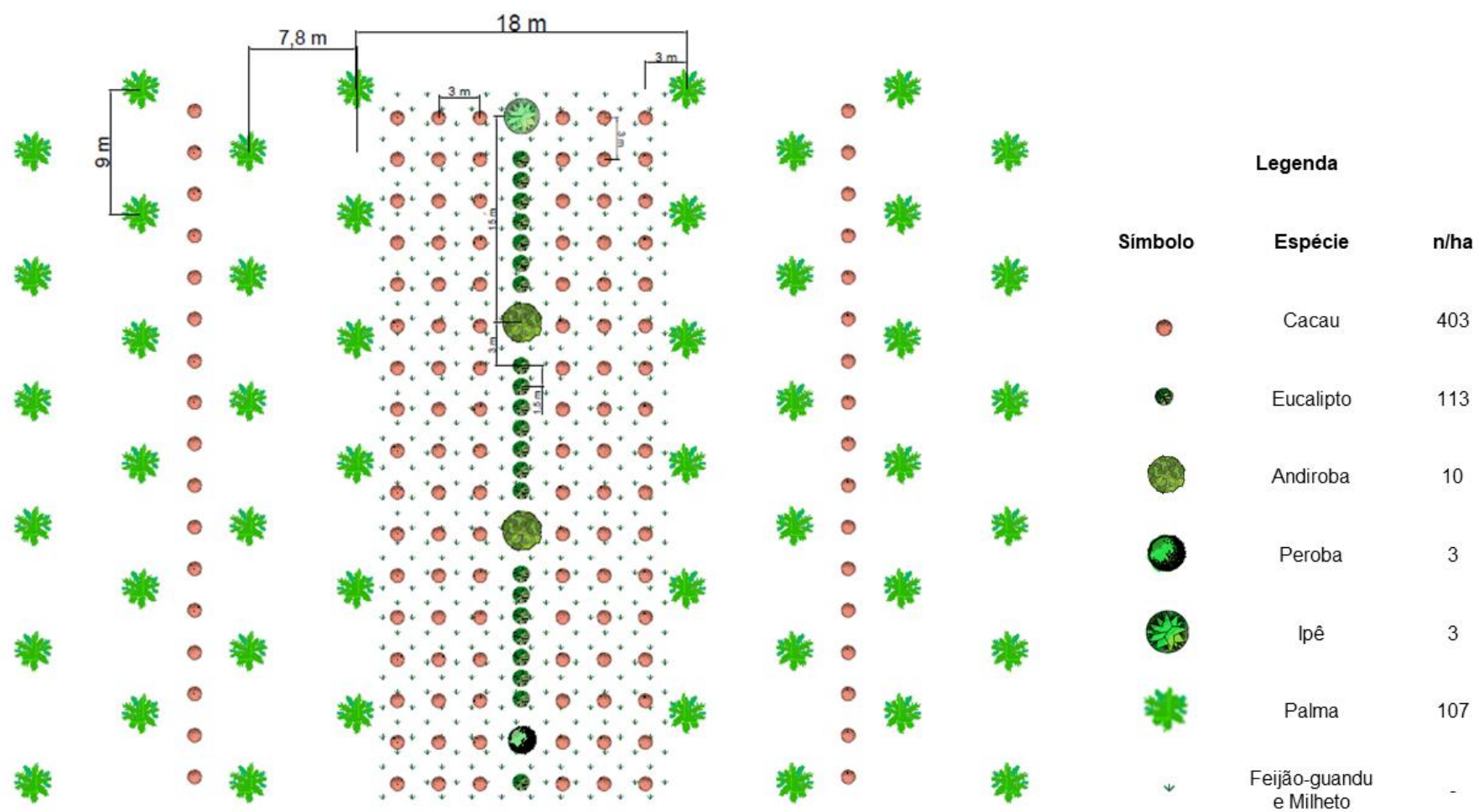
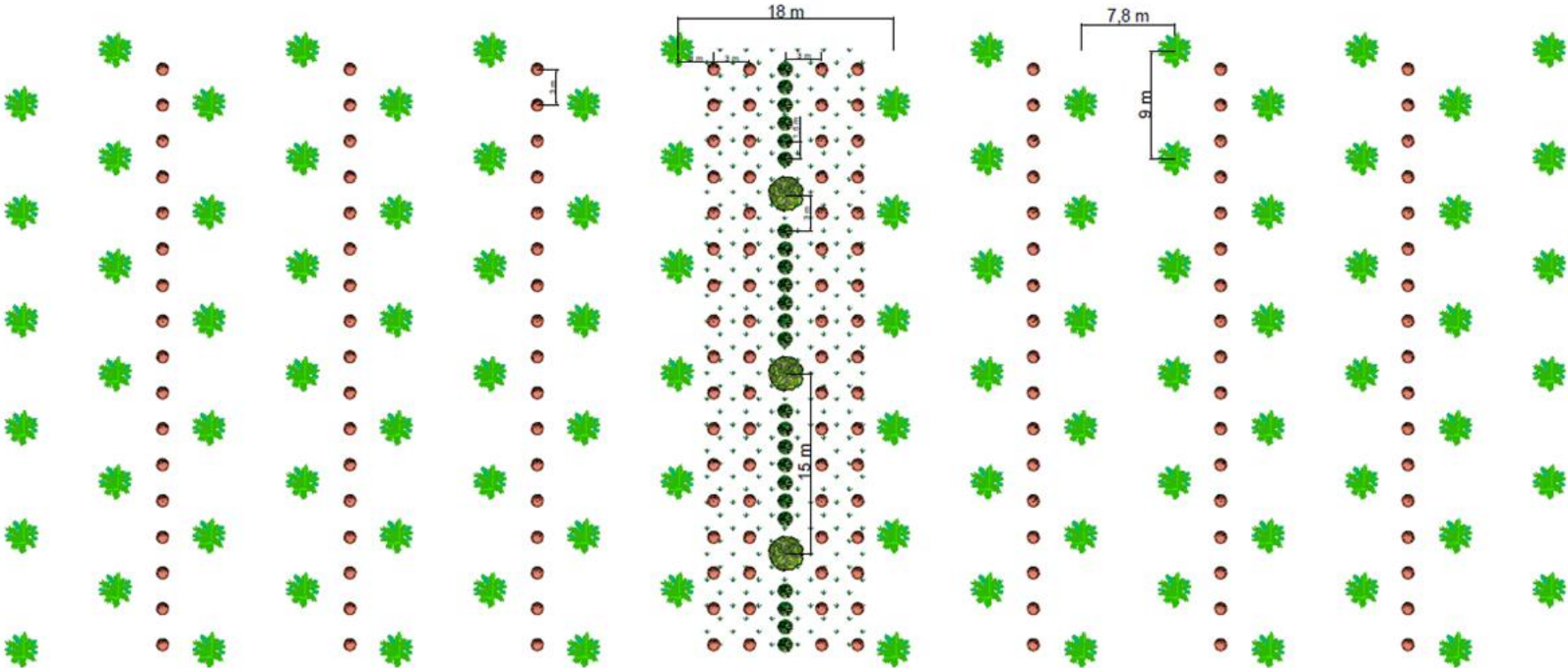


Figura 5: Representação para o arranjo CE2



Legenda

Símbolo					
Espécie	Cacau	Eucalipto	Andiroba	Palma	Feijão-guandu e Milheto
n/ha	504	64	9	122	-

Figura 6: Representação para o arranjo CE3

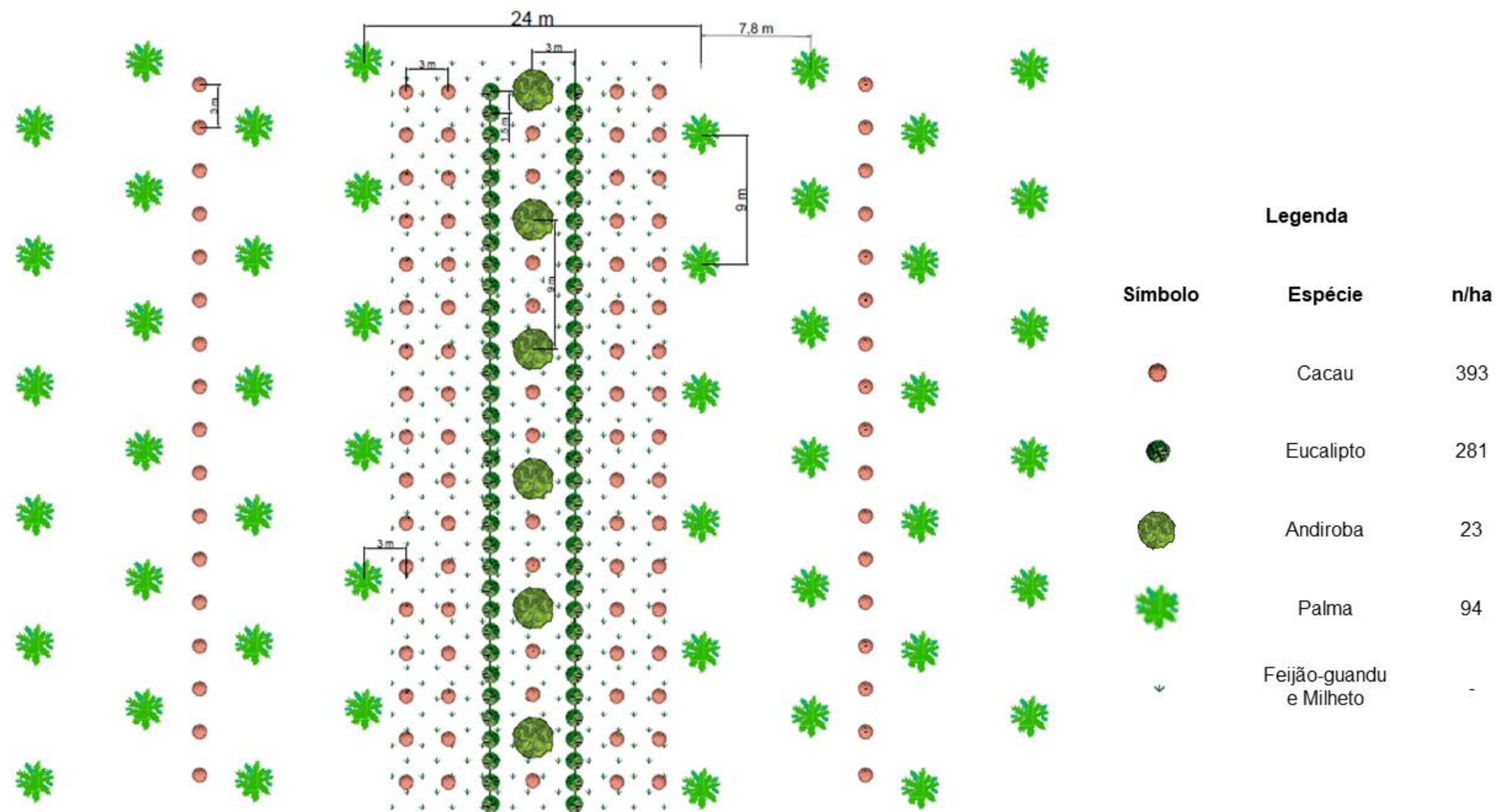


Figura 7: Representação para o arranjo CE4

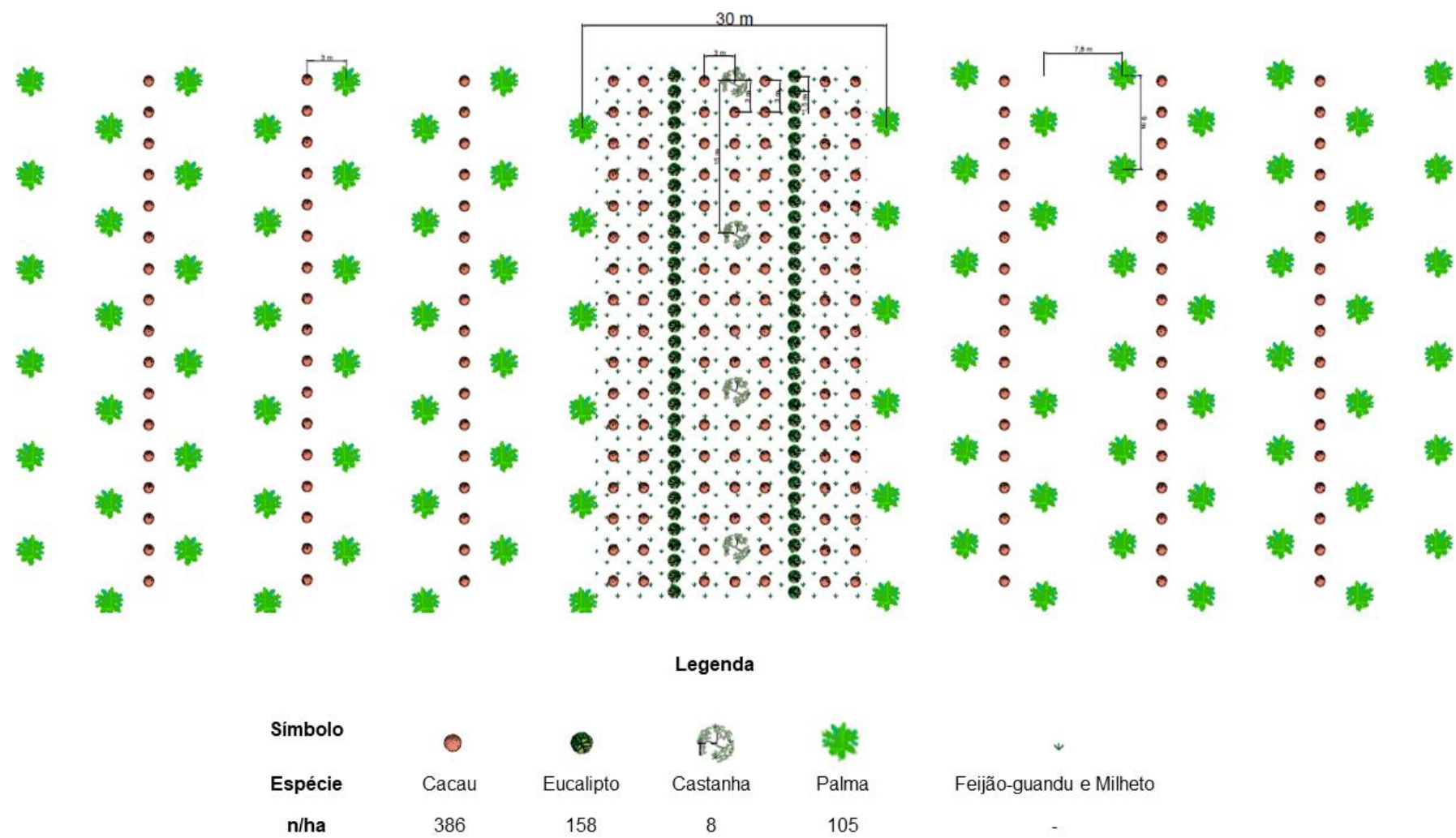


Figura 8: Representação para o arranjo CP1

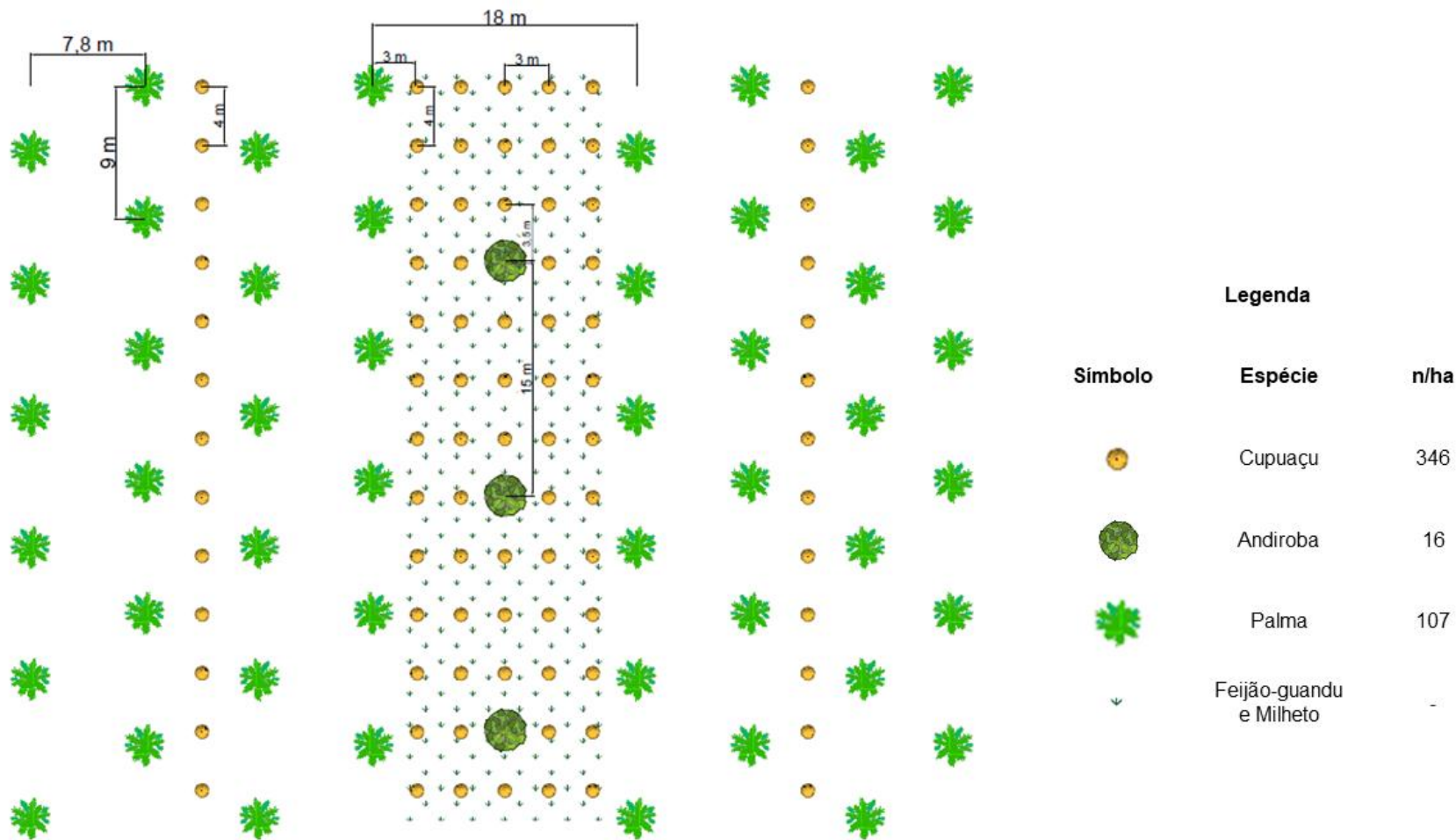
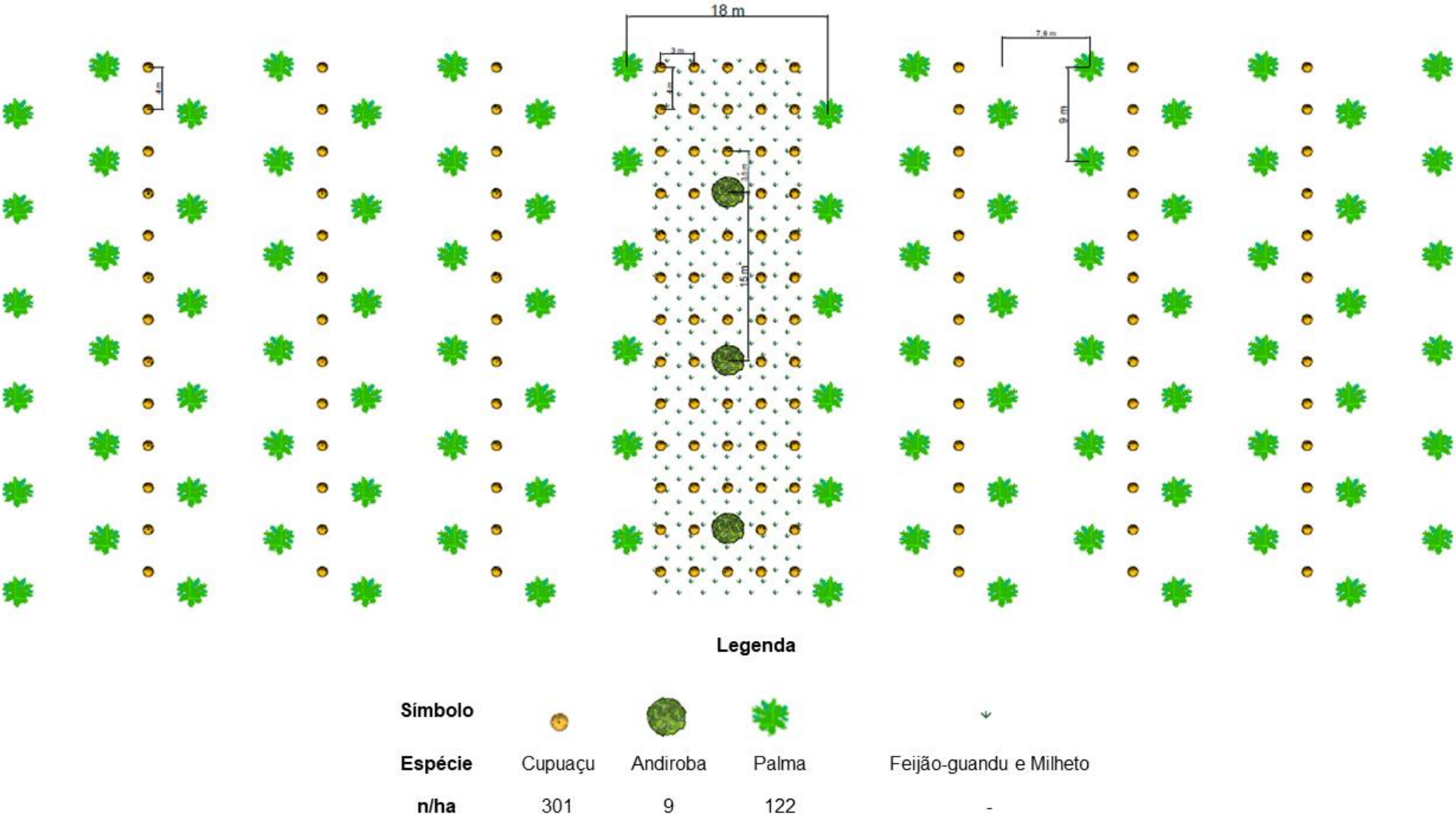


Figura 9: Representação para o arranjo CP2



APÊNDICE B

Tabela 1: Produção PFNM e estacas de eucalipto

Ano	Castanha (kg/planta)	Andiroba (kg/planta)	Cacau (kg/planta)	Cupuaçu (kg/planta)	Eucalipto (estacas/árvore)	Palma-de-óleo (t CFF/ha)
0						
1						
2						
3			0,170		12	9
4			0,346	10,90		14
5	1,51	5,42	0,483	11,91		19
6	1,52	5,93	0,595	12,86	23	24
7	1,63	6,49	0,689	13,75		29
8	1,85	7,11	0,771	14,57		29
9	2,16	7,78	0,843	15,32	21	29
10	2,55	8,52	0,908	16,00		29
11	3,01	9,33	0,966	16,62		29
12	3,54	10,21	1,020	17,18		29
13	4,12	11,18	1,069	17,67		29
14	4,74	12,23	1,114	18,09		29
15	5,39	13,39	1,157	18,44		29

16	6,07	14,66	1,196	18,73	29
17	6,76	16,05	1,233	18,95	28
18	7,46	17,57	1,268	19,11	28
19	8,15	19,23	1,301	19,20	27
20	8,83	21,06	1,333	19,22	27
21	9,49	23,05	1,363	19,18	26
22	10,11	25,23	1,391	19,07	26
23	10,68	27,62	1,419	18,90	25
24	11,21	30,24	1,445	18,66	25
25	11,67	33,11	1,470	18,35	24

Fonte: O autor.

Eucalipto: nos anos 6 e 9 a produção é obtida a partir de 2 fustes por árvore.

Castanha, Andiroba e Cacao: produção expressa em kg de amêndoa.

Cupuaçu: produção expressa em kg de fruto.

APÊNDICE C

Tabela 1: Referências de base para a obtenção dos rendimentos operacionais utilizados para construir os custos operacionais de cada arranjo.

Nome Comum	Espécie	Literatura Consultada
Castanha	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Mendes, (2007); Oliveira, (2010)
Feijão guandu	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	Souza et al., (2007); Tupy et al., (2023)
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Oliveira et al., (2021); Rego, (2016)
Puerária	<i>Pueraria phaseloides</i> (Roxb.) Benth.	Cherubin, (2022); Pipai et al., (2023)
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Dadalto e Xavier, (2008); Rego, (2016)
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K.Schum.	Dadalto e Xavier, (2008); Rego, (2016)
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Dadalto e Xavier, (2008)
Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Dadalto e Xavier, (2008)
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp. Gomes ex DC.	Dadalto e Xavier, (2008)
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	Cherubin, (2022); Scartezini, Alves e Costa, (2017)
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	Anjos e Martins, (2021); Cherubin, (2022)
Palma-de-óleo	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Agropalma S/A.

APÊNDICE D

Tabela 1: Custos anuais totais utilizados por componente para os arranjos testados.

Arranjo CA1						
Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			12.199,01	3.506,21	13.752,39	769,66
1			1.352,65	5.957,07	3.726,39	568,48
2		18.413,50	3.167,88	3.098,41	3.726,39	1.057,72
3	554,24		1.842,60	4.678,66	3.582,67	1.828,98
4	554,24		4.640,65	5.349,98	3.766,28	1.863,59
5	554,24		2.017,02	7.803,67	3.887,85	2.000,17
6	554,24		4.651,90	7.788,79	3.346,93	1.860,53
7	554,24		2.734,78	6.374,22	3.451,57	2.000,91
8	554,24		4.693,93	6.391,64	2.661,48	1.882,04
9	554,24		2.734,78	6.416,04	2.679,80	2.000,91
10	554,24		5.411,69	6.426,50	2.696,25	2.131,96
11	554,24		2.734,78	6.282,51	2.711,20	2.000,91
12	554,24		4.693,93	6.233,71	2.724,91	1.882,04
13	527,28	5.231,60	2.734,78	6.310,40	2.737,61	2.000,91
14	554,24		4.651,90	6.310,40	2.749,44	1.761,25
15	554,24		2.017,02	6.233,71	2.760,54	1.750,99
16	554,24		4.651,90	6.310,40	2.771,01	1.761,25
17	554,24		2.059,06	6.241,69	2.764,77	1.852,22
18	554,24		4.651,90	6.165,00	2.774,24	1.741,68
19	554,24		2.017,02	6.765,03	2.767,13	1.711,86
20	554,24		4.651,90	6.765,03	2.775,85	1.722,11
21	554,24		2.017,02	6.597,71	2.768,10	1.692,29
22	554,24		4.693,93	6.674,40	2.776,26	1.823,34
23	554,24		2.017,02	6.583,76	2.768,03	1.672,73
24	554,24		4.651,90	6.507,08	2.775,80	1.682,88
25	554,24		2.017,02	6.513,84	2.767,25	1.765,21
Arranjo CA2						
Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			12.318,1	3.565,2	13.019,2	717,1
1			1.352,3	2.904,6	3.652,1	546,8
2		19.410,1	2.960,5	2.929,0	3.652,1	1.061,4
3	584,2		1.734,8	4.764,8	3.317,6	1.804,6
4	584,2		4.340,4	5.093,2	3.496,5	1.815,4

5	584,2		1.875,2	7.219,1	3.608,2	1.942,3
6	584,2		4.386,0	7.562,2	3.023,2	1.780,6
7	584,2		2.502,1	6.076,2	3.118,8	1.882,0
8	584,2		4.391,7	6.081,7	2.432,4	1.800,7
9	584,2		2.502,1	6.318,4	2.492,6	1.902,3
10	584,2		5.018,6	6.179,5	2.430,3	2.019,0
11	584,2		2.502,1	6.012,2	2.445,9	1.882,0
12	584,2		4.391,7	5.997,0	2.460,1	1.800,7
13	555,8	5.514,8	2.502,1	6.020,9	2.473,3	1.882,0
14	584,2		4.347,4	6.020,9	2.485,6	1.673,4
15	584,2		1.875,2	5.997,0	2.497,0	1.663,8
16	584,2		4.347,4	6.020,9	2.507,8	1.673,4
17	584,2		1.919,5	5.960,9	2.503,9	1.774,0
18	584,2		4.347,4	5.937,0	2.513,5	1.656,3
19	584,2		1.875,2	6.418,0	2.508,6	1.629,6
20	584,2		4.347,4	6.505,0	2.517,4	1.639,2
21	584,2		1.875,2	6.401,9	2.511,8	1.612,5
22	584,2		4.391,7	6.425,8	2.519,9	1.749,4
23	584,2		1.875,2	6.346,7	2.513,7	1.595,4
24	584,2		4.347,4	6.322,7	2.521,3	1.604,9
25	584,2		1.875,2	6.280,4	2.514,6	1.648,2

Arranjo CA3

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			11.818,09	3.199,23	11.130,81	653,84
1			1.347,14	2.560,97	3.704,72	476,67
2		17.089,56	3.117,37	2.634,59	3.704,72	931,03
3	514,39		1.795,70	4.599,28	3.493,46	1.688,26
4	514,39		4.454,67	5.099,70	3.659,52	1.705,73
5	514,39		1.926,49	7.429,53	3.771,88	1.865,30
6	514,39		4.480,83	7.579,75	3.282,22	1.761,64
7	514,39		2.628,97	6.012,78	3.374,80	1.883,09
8	514,39		4.496,44	6.012,78	2.600,27	1.760,45
9	514,39		2.628,97	6.167,15	2.641,95	1.895,36
10	514,39		5.198,93	6.081,01	2.608,77	2.005,05
11	514,39		2.628,97	5.927,96	2.622,38	1.883,09
12	514,39		4.496,44	5.927,96	2.634,82	1.760,45
13	489,36	4.855,45	2.628,97	5.927,96	2.646,29	1.883,09
14	514,39		4.457,43	5.927,96	2.656,92	1.648,34
15	514,39		1.926,49	5.927,96	2.666,84	1.638,49
16	514,39		4.457,43	5.927,96	2.676,14	1.648,34
17	514,39		1.965,50	5.860,72	2.669,08	1.731,45
18	514,39		4.457,43	5.860,72	2.677,36	1.629,20
19	514,39		1.926,49	6.372,92	2.669,40	1.600,19

20	514,39		4.457,43	6.441,16	2.676,89	1.610,05
21	514,39		1.926,49	6.352,45	2.668,22	1.581,04
22	514,39		4.496,44	6.352,45	2.675,08	1.703,01
23	514,39		1.926,49	6.263,74	2.665,84	1.561,90
24	514,39		4.457,43	6.263,74	2.672,18	1.571,64
25	514,39		1.926,49	6.180,10	2.662,49	1.570,16

Arranjo CE1

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			11.762,40	3.395,97	12.309,63	725,66
1			1.324,34	2.560,53	3.783,33	496,62
2		15.873,70	3.122,18	2.689,90	3.783,33	919,21
3	477,79		1.812,09	4.496,32	3.624,99	1.697,56
4	477,79		4.416,63	5.015,87	3.779,80	1.686,85
5	477,79		1.919,19	7.428,60	3.894,14	1.824,44
6	477,79		4.464,76	7.515,95	3.453,75	1.775,35
7	477,79		2.636,95	5.926,94	3.540,20	1.871,69
8	477,79		4.459,86	5.937,77	2.747,19	1.735,65
9	477,79		2.636,95	6.097,87	2.804,81	1.892,33
10	477,79		5.177,62	5.959,41	2.632,38	1.985,57
11	477,79		2.636,95	5.830,24	2.645,17	1.871,69
12	477,79		4.459,86	5.799,94	2.656,89	1.735,65
13	454,55	4.510,00	2.636,95	5.847,56	2.667,72	1.871,69
14	477,79		4.423,62	5.847,56	2.677,80	1.631,52
15	477,79		1.919,19	5.799,94	2.687,23	1.621,77
16	477,79		4.423,62	5.847,56	2.696,11	1.631,52
17	477,79		1.955,43	5.778,85	2.688,35	1.706,34
18	477,79		4.423,62	5.731,23	2.696,33	1.611,95
19	477,79		1.919,19	6.302,20	2.687,78	1.582,64
20	477,79		4.423,62	6.302,20	2.695,08	1.592,39
21	477,79		1.919,19	6.163,94	2.685,94	1.563,07
22	477,79		4.459,86	6.211,56	2.692,72	1.676,96
23	477,79		1.919,19	6.120,93	2.683,13	1.543,51
24	477,79		4.423,62	6.073,30	2.689,51	1.553,16
25	477,79		1.919,19	6.050,87	2.679,58	1.635,28

Arranjo CE2

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			13.737,27	3.777,67	13.820,24	792,81
1			1.570,95	5.719,57	4.309,96	577,51
2		19.856,56	3.633,38	3.229,02	4.309,96	1.105,46
3	597,68		2.088,56	5.259,60	4.062,60	1.983,68

4	597,68		5.188,37	5.941,86	4.257,52	2.007,34
5	597,68		2.248,47	8.678,65	4.390,25	2.183,35
6	597,68		5.217,25	8.735,28	3.819,94	2.060,29
7	597,68		3.067,08	7.020,03	3.929,56	2.205,14
8	597,68		5.240,11	7.029,97	3.027,03	2.061,84
9	597,68		3.067,08	7.126,54	3.070,51	2.216,91
10	597,68		6.058,72	7.049,84	3.041,82	2.346,87
11	597,68		3.067,08	6.883,94	3.057,74	2.205,14
12	597,68		5.240,11	6.856,11	3.072,31	2.061,84
13	568,60	5.641,60	3.067,08	6.899,84	3.085,77	2.205,14
14	597,68		5.194,79	6.899,84	3.098,27	1.931,58
15	597,68		2.248,47	6.856,11	3.109,95	1.920,11
16	597,68		5.194,79	6.899,84	3.120,93	1.931,58
17	597,68		2.293,80	6.821,48	3.112,86	2.028,06
18	597,68		5.194,79	6.777,75	3.122,70	1.909,27
19	597,68		2.248,47	7.418,35	3.113,63	1.875,48
20	597,68		5.194,79	7.418,35	3.122,58	1.886,95
21	597,68		2.248,47	7.271,25	3.112,73	1.853,17
22	597,68		5.240,11	7.314,99	3.120,99	1.994,90
23	597,68		2.248,47	7.211,62	3.110,54	1.830,86
24	597,68		5.194,79	7.167,89	3.118,27	1.842,20
25	597,68		2.248,47	7.120,06	3.107,34	1.872,44

Arranjo CE3

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			11.488,09	3.140,50	10.868,88	602,69
1			1.221,85	2.628,98	3.407,59	532,01
2		15.514,89	2.803,42	2.816,39	3.407,59	944,41
3	466,99		1.697,39	4.417,83	3.238,36	1.677,36
4	466,99		4.008,77	4.613,58	3.360,11	1.639,73
5	466,99		1.752,97	6.819,59	3.469,13	1.738,88
6	466,99		4.123,44	7.165,19	3.051,45	1.694,89
7	466,99		2.379,87	5.547,97	3.106,82	1.749,92
8	466,99		4.060,57	5.573,34	2.416,29	1.642,27
9	466,99		2.379,87	5.970,59	2.536,49	1.801,43
10	466,99		4.687,47	5.624,08	2.348,14	1.860,55
11	466,99		2.379,87	5.515,58	2.360,98	1.749,92
12	466,99		4.060,57	5.444,54	2.372,80	1.642,27
13	444,27	4.408,06	2.379,87	5.556,17	2.383,78	1.749,92
14	466,99		4.025,15	5.556,17	2.394,06	1.540,49
15	466,99		1.752,97	5.444,54	2.403,75	1.531,64
16	466,99		4.025,15	5.556,17	2.412,95	1.540,49
17	466,99		1.788,38	5.496,16	2.407,61	1.616,33
18	466,99		4.025,15	5.384,53	2.416,03	1.523,40

19	466,99	1.752,97	5.953,26	2.410,04	1.497,46
20	466,99	4.025,15	5.953,26	2.417,92	1.506,31
21	466,99	1.752,97	5.762,46	2.411,48	1.480,38
22	466,99	4.060,57	5.874,10	2.418,99	1.591,00
23	466,99	1.752,97	5.794,93	2.412,27	1.463,29
24	466,99	4.025,15	5.683,30	2.419,59	1.472,04
25	466,99	1.752,97	5.745,92	2.412,73	1.609,31

Arranjo CE4

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			11.519,21	3.125,43	11.658,48	651,44
1			1.283,74	4.791,71	3.590,42	457,06
2		15.225,25	3.041,20	2.424,45	3.590,42	862,51
3	458,27		1.779,61	4.550,50	3.452,17	1.614,05
4	458,27		4.294,65	4.866,60	3.596,40	1.609,14
5	458,27		1.864,97	7.230,55	3.706,13	1.760,75
6	458,27		4.355,22	7.519,99	3.290,80	1.712,66
7	458,27		2.567,46	5.757,88	3.369,54	1.812,69
8	458,27		4.334,91	5.757,88	2.592,94	1.677,45
9	458,27		2.567,46	6.097,02	2.666,50	1.841,55
10	458,27		5.037,40	5.894,35	2.566,51	1.922,05
11	458,27		2.567,46	5.757,99	2.578,69	1.812,69
12	458,27		4.334,91	5.757,99	2.589,84	1.677,45
13	435,98	4.325,76	2.567,46	5.757,99	2.600,13	1.812,69
14	458,27		4.300,16	5.757,99	2.609,68	1.577,57
15	458,27		1.864,97	5.757,99	2.618,59	1.568,09
16	458,27		4.300,16	5.757,99	2.626,95	1.577,57
17	458,27		1.899,72	5.690,75	2.619,00	1.648,82
18	458,27		4.300,16	5.690,75	2.626,43	1.558,42
19	458,27		1.864,97	6.202,96	2.617,65	1.529,79
20	458,27		4.300,16	6.339,42	2.624,33	1.539,27
21	458,27		1.864,97	6.250,72	2.614,87	1.510,64
22	458,27		4.334,91	6.250,72	2.620,94	1.620,00
23	458,27		1.864,97	6.162,01	2.610,91	1.491,49
24	458,27		4.300,16	6.162,01	2.616,44	1.500,87
25	458,27		1.864,97	6.083,44	2.605,92	1.527,18

Arranjo CP1

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			10.204,74	3.257,11	10.305,81	859,49
1			1.389,90	2.784,43	3.675,38	480,66
2		13.651,38	3.203,72	3.087,74	3.675,38	755,39

3	410,90		2.079,11	4.751,30	3.691,15	1.672,93
4	410,90		4.784,07	5.426,48	3.809,06	1.707,49
5	410,90		2.171,03	7.906,39	3.904,06	1.844,13
6	410,90		4.875,99	7.910,79	3.378,69	1.791,67
7	410,90		2.969,46	6.295,95	3.466,32	1.932,08
8	410,90		4.917,56	6.313,37	2.661,88	1.781,93
9	410,90		2.969,46	6.337,78	2.667,76	1.932,08
10	410,90		5.635,32	6.348,23	2.673,19	2.031,85
11	410,90		2.969,46	6.169,44	2.678,16	1.932,08
12	410,90		4.917,56	6.120,64	2.682,67	1.781,93
13	390,91	3.878,60	2.969,46	6.197,32	2.686,74	1.932,08
14	410,90		4.875,99	6.197,32	2.690,37	1.692,38
15	410,90		2.251,70	6.120,64	2.693,55	1.682,16
16	410,90		4.875,99	6.197,32	2.696,29	1.692,38
17	410,90		2.293,27	6.126,71	2.682,44	1.752,15
18	410,90		4.875,99	6.050,03	2.684,33	1.672,81
19	410,90		2.251,70	6.648,29	2.669,64	1.643,03
20	410,90		4.875,99	6.648,29	2.670,69	1.653,25
21	410,90		2.251,70	6.479,32	2.655,17	1.623,47
22	410,90		4.917,56	6.510,25	2.655,42	1.723,24
23	410,90		2.251,70	6.419,61	2.639,12	1.603,90
24	410,90		4.875,99	6.342,92	2.638,60	1.606,80
25	410,90		2.251,70	6.349,68	2.621,55	1.683,70

Arranjo CP2

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			10.290,10	2.975,84	9.002,29	783,67
1			1.411,61	2.490,22	3.840,63	419,23
2		11.858,05	3.446,37	2.772,67	3.840,63	659,51
3	356,92		2.168,35	4.715,64	3.950,32	1.592,40
4	356,92		4.977,18	5.513,65	4.074,72	1.630,27
5	356,92		2.244,84	8.273,23	4.177,22	1.807,54
6	356,92		5.053,67	8.140,77	3.742,76	1.814,69
7	356,92		3.133,51	6.341,57	3.840,76	1.975,82
8	356,92		5.089,77	6.351,51	2.921,49	1.779,24
9	356,92		3.133,51	6.365,42	2.926,51	1.975,82
10	356,92		5.908,37	6.371,38	2.931,11	2.064,27
11	356,92		3.133,51	6.209,84	2.935,32	1.975,82
12	356,92		5.089,77	6.182,01	2.939,11	1.779,24
13	339,56	3.369,08	3.133,51	6.225,74	2.942,51	1.975,82
14	356,92		5.053,67	6.225,74	2.945,50	1.701,45
15	356,92		2.314,91	6.182,01	2.948,10	1.690,79
16	356,92		5.053,67	6.225,74	2.950,30	1.701,45
17	356,92		2.351,02	6.145,72	2.933,68	1.746,26

18	356,92	5.053,67	6.101,99	2.935,10	1.679,13
19	356,92	2.314,91	6.741,06	2.917,70	1.646,16
20	356,92	5.053,67	6.741,06	2.918,36	1.656,82
21	356,92	2.314,91	6.592,53	2.900,20	1.623,84
22	356,92	5.089,77	6.596,51	2.900,10	1.712,30
23	356,92	2.314,91	6.493,14	2.881,20	1.601,53
24	356,92	5.053,67	6.449,41	2.880,38	1.605,82
25	356,92	2.314,91	6.401,58	2.860,76	1.632,09

Palma-de-óleo em monocultivo orgânico

Ano	Depreciação (R\$.ha ⁻¹)	Estrutura (R\$.ha ⁻¹)	Insumos (R\$.ha ⁻¹)	Mão de obra (MO) (R\$.ha ⁻¹)	(MO) e maqui- nário de terceiros (R\$.ha ⁻¹)	Maquinário (R\$.ha ⁻¹)
0			7.185,34	1.282,61	12.347,37	225,08
1			1.011,42	886,13	3.176,39	
2			3.261,42	1.013,13	3.176,39	8,07
3			1.787,82	2.917,44	3.650,16	801,54
4			4.037,82	3.953,88	3.757,81	840,06
5			1.787,82	7.078,36	3.865,46	1.076,05
6			4.037,82	6.364,77	3.973,11	1.334,36
7			2.743,91	4.452,63	4.080,76	1.526,25
8			4.037,82	4.452,63	3.000,76	1.202,11
9			2.743,91	4.452,63	3.000,76	1.526,25
10			4.993,91	4.452,63	3.000,76	1.535,01
11			2.743,91	4.452,63	3.000,76	1.526,25
12			4.037,82	4.452,63	3.000,76	1.202,11
13			2.743,91	4.452,63	3.000,76	1.526,25
14			4.037,82	4.452,63	3.000,76	1.202,11
15			1.787,82	4.452,63	3.000,76	1.193,35
16			4.037,82	4.452,63	3.000,76	1.202,11
17			1.787,82	4.361,11	2.979,23	1.167,29
18			4.037,82	4.361,11	2.979,23	1.176,04
19			1.787,82	5.058,22	2.957,70	1.141,22
20			4.037,82	5.058,22	2.957,70	1.149,98
21			1.787,82	4.937,49	2.936,17	1.115,16
22			4.037,82	4.937,49	2.936,17	1.123,92
23			1.787,82	4.816,77	2.914,64	1.089,10
24			4.037,82	4.816,77	2.914,64	1.097,77
25			1.787,82	4.696,04	2.893,11	1.063,04

APÊNDICE E

Tabela 1: Receitas em R\$.ha⁻¹ obtidas para cada arranjo e também para o monocultivo orgânico

Ano	CA1	CA2	CA3	CE1	CE2	CE3	CE4	CP1	CP2	Monocultivo
0										
1										
2										
3	6.606,38	8.750,86	7.922,58	8.942,68	8.902,94	12.285,03	9.821,93	4.421,41	5.042,60	5.889,52
4	11.327,06	10.697,27	10.860,82	10.713,36	12.642,05	9.756,06	10.410,34	14.799,44	14.725,09	9.161,48
5	16.194,10	15.429,55	15.311,74	15.090,15	17.710,63	14.333,87	15.100,21	18.649,53	18.541,95	12.433,44
6	20.147,47	24.065,56	22.053,59	23.877,65	24.977,86	30.394,68	25.762,95	21.859,13	21.979,21	15.705,39
7	23.884,97	22.595,90	22.611,83	22.366,53	26.243,48	21.045,15	22.166,13	25.026,47	25.378,01	18.977,35
8	25.010,28	23.803,49	23.647,30	23.318,71	27.419,23	22.038,85	23.155,21	25.695,77	25.937,22	18.977,35
9	26.018,66	29.439,99	27.335,79	28.784,34	31.097,55	34.457,34	30.545,99	26.323,98	26.458,64	18.977,35
10	26.936,96	25.953,89	25.470,22	24.938,59	29.410,36	23.766,68	24.993,15	26.911,75	26.942,64	18.977,35
11	27.784,59	26.937,66	26.294,00	25.645,81	30.274,91	24.540,62	25.868,50	27.459,82	27.389,64	18.977,35
12	28.576,14	27.877,40	27.074,36	26.302,46	31.074,28	25.272,97	26.724,27	27.969,00	27.800,09	18.977,35
13	29.322,93	28.781,04	27.818,39	26.918,10	31.820,26	25.973,81	27.563,82	28.440,15	28.174,50	18.977,35
14	30.034,08	29.654,07	28.530,97	27.500,33	32.522,18	26.651,39	28.388,56	28.874,23	28.513,41	18.977,35
15	30.717,08	30.500,26	29.215,46	28.055,39	33.187,59	27.312,68	29.198,56	29.272,28	28.817,42	18.977,35
16	31.378,27	31.322,07	29.874,02	28.588,44	33.822,75	27.963,72	29.992,80	29.635,47	29.087,17	18.977,35
17	31.531,90	31.691,91	30.027,15	28.612,69	33.872,67	28.180,85	30.288,69	29.473,76	28.763,11	18.322,96
18	32.165,40	32.468,71	30.637,10	29.114,55	34.462,52	28.827,20	31.045,50	29.771,08	28.966,58	18.322,96
19	32.300,69	32.794,52	30.742,33	29.114,97	34.475,77	29.049,29	31.298,72	29.546,40	28.577,88	17.668,57

20	32.924,46	33.527,28	31.304,14	29.599,65	35.036,62	29.709,78	32.006,76	29.783,89	28.718,52	17.668,57
21	33.058,10	33.808,25	31.360,22	29.589,03	35.027,81	29.954,92	32.204,45	29.502,82	28.268,94	17.014,18
22	33.687,96	34.494,77	31.871,28	30.068,44	35.573,04	30.647,31	32.849,65	29.687,71	28.350,85	17.014,18
23	33.835,25	34.727,64	31.874,49	30.058,06	35.554,67	30.933,25	32.976,75	29.358,18	27.844,92	16.359,78
24	34.486,26	35.363,87	32.330,13	30.543,09	36.096,12	31.675,54	33.543,22	29.499,12	27.873,05	16.359,78
25	43.391,36	38.266,90	32.275,06	71.064,43	41.057,35	44.727,71	33.583,15	37.859,71	32.293,91	15.705,39

APÊNDICE F

Tabela 1: Variáveis de entrada utilizadas nas simulações de Monte Carlo

Classe	Variável de entrada
TMA	TMA do Projeto (%)
Custo da Terra	Custo da Terra (R\$.ano ⁻¹)
Mão de obra e maquinário	Mão de Obra (R\$.diária ⁻¹)
	Maquinário de Terceiros (R\$.ha ⁻¹)
	Maquinário Próprio (R\$.diária ⁻¹)
Preços e Receitas	Receita com Tutor (R\$.un. ⁻¹)
	Preço (Amêndoa de Andiroba - R\$.kg ⁻¹)
	Preço (Amêndoa de Castanha - R\$.kg ⁻¹)
	Preço (Cacau Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)
	Preço (Cupuaçu Amêndoa - R\$.kg ⁻¹)
	Preço (Madeira de Andiroba - R\$.m ³)
	Preço (Madeira de Castanha - R\$.m ³)
	Preço CFF (R\$.t ⁻¹)
	Preço Fruto Solto (R\$.t ⁻¹)
Produtividade	Produtividade (Amêndoa de Andiroba – kg.planta ⁻¹)
	Produtividade (Amêndoa de Castanha – kg.planta ⁻¹)
	Produtividade (Madeira de Andiroba - m ³ .planta ⁻¹)
	Produtividade (Madeira de Castanha - m ³ .planta ⁻¹)
	Produtividade da Palma (t.ha ⁻¹)
	Produtividade do Cacau (kg.Planta ⁻¹)
	Produtividade do Cupuaçu (kg.Planta ⁻¹)
	Produtividade do Eucalipto (n.árv ⁻¹)
Transporte	Transporte Campo-Indústria (R\$.t ⁻¹)
	Transporte do Composto (R\$.t ⁻¹)
Insumos	Tutores (R\$.unidade ⁻¹)
	Defensivos (R\$.kg – L ⁻¹)
	Mudas (R\$.unidade ⁻¹)
	Fertilizantes (R\$.t ⁻¹)
Estrutura	Estrutura/Depreciação (R\$.ano ⁻¹)

Fonte: O Autor.

APÊNDICE G

Tabela 1: Fluxo de caixa descontado incluindo o custo da terra para todos os arranjos avaliados

Arranjo CA1				
Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	30.997,28	0,00	-30.997,28	-30.997,28
1	11.674,13	0,00	-11.674,13	-42.671,41
2	26.908,05	0,00	-26.908,05	-69.579,47
3	11.130,96	5.546,84	-5.584,11	-75.163,58
4	13.421,82	8.972,09	-4.449,73	-79.613,31
5	12.728,01	12.101,17	-626,84	-80.240,15
6	13.374,79	14.203,17	828,37	-79.411,78
7	10.564,90	15.884,87	5.319,97	-74.091,81
8	10.636,73	15.691,76	5.055,02	-69.036,79
9	8.970,68	15.400,40	6.429,73	-62.607,06
10	10.045,88	15.041,46	4.995,58	-57.611,48
11	7.930,07	14.636,58	6.706,51	-50.904,97
12	8.378,33	14.201,46	5.823,14	-45.081,83
13	9.523,33	13.747,74	4.224,41	-40.857,42
14	7.429,43	13.284,10	5.854,67	-35.002,75
15	5.877,80	12.817,16	6.939,36	-28.063,39
16	6.620,65	12.351,94	5.731,28	-22.332,10
17	5.288,96	11.709,82	6.420,86	-15.911,24
18	5.835,70	11.268,95	5.433,25	-10.477,99
19	4.820,63	10.675,80	5.855,17	-4.622,82
20	5.375,24	10.266,00	4.890,76	267,94
21	4.235,65	9.724,22	5.488,57	5.756,51
22	4.798,67	9.348,58	4.549,92	10.306,42
23	3.760,92	8.857,98	5.097,05	15.403,48
24	4.184,28	8.517,37	4.333,08	19.736,56
25	3.352,28	10.110,13	6.757,85	26.494,40
Arranjo CA2				
Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	30.390,57	0,00	-30.390,57	-30.390,57
1	8.704,51	0,00	-8.704,51	-39.095,07
2	27.397,83	0,00	-27.397,83	-66.492,90
3	10.895,73	7.347,39	-3.548,34	-70.041,24

4	12.753,23	8.473,24	-4.279,99	-74.321,23
5	11.954,98	11.529,85	-425,13	-74.746,36
6	12.763,84	16.965,27	4.201,43	-70.544,93
7	9.931,13	15.027,56	5.096,43	-65.448,50
8	10.076,25	14.934,60	4.858,36	-60.590,14
9	8.623,26	17.425,49	8.802,22	-51.787,92
10	9.493,21	14.492,52	4.999,31	-46.788,61
11	7.478,08	14.190,42	6.712,35	-40.076,26
12	7.952,99	13.854,21	5.901,23	-34.175,04
13	9.244,59	13.493,67	4.249,08	-29.925,96
14	7.024,01	13.116,03	6.092,01	-23.833,94
15	5.585,61	12.726,69	7.141,09	-16.692,86
16	6.260,06	12.329,82	6.069,76	-10.623,10
17	5.017,65	11.769,25	6.751,60	-3.871,50
18	5.537,98	11.375,21	5.837,23	1.965,73
19	4.555,89	10.839,02	6.283,13	8.248,86
20	5.101,70	10.453,96	5.352,27	13.601,12
21	4.045,80	9.944,88	5.899,08	19.500,20
22	4.562,00	9.572,47	5.010,48	24.510,68
23	3.582,19	9.091,60	5.509,41	30.020,09
24	3.988,28	8.734,12	4.745,84	34.765,93
25	3.185,08	8.916,14	5.731,05	40.496,98

Arranjo CA3

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	27.571,97	0,00	-27.571,97	-27.571,97
1	8.358,01	0,00	-8.358,01	-35.929,98
2	25.139,97	0,00	-25.139,97	-61.069,95
3	10.798,42	6.651,95	-4.146,46	-65.216,42
4	12.835,10	8.602,78	-4.232,31	-69.448,73
5	12.163,26	11.441,83	-721,43	-70.170,16
6	12.963,07	15.546,91	2.583,84	-67.586,32
7	10.097,90	15.038,16	4.940,25	-62.646,07
8	10.135,08	14.836,61	4.701,53	-57.944,54
9	8.651,91	16.180,01	7.528,10	-50.416,44
10	9.591,85	14.222,44	4.630,59	-45.785,85
11	7.557,38	13.851,35	6.293,97	-39.491,88
12	8.002,90	13.455,13	5.452,23	-34.039,64
13	9.001,91	13.042,35	4.040,43	-29.999,21
14	7.065,46	12.619,28	5.553,82	-24.445,39
15	5.609,46	12.190,59	6.581,13	-17.864,27

16	6.295,76	11.759,80	5.464,03	-12.400,23
17	5.017,23	11.151,02	6.133,78	-6.266,45
18	5.573,32	10.733,52	5.160,20	-1.106,25
19	4.578,39	10.160,74	5.582,35	4.476,10
20	5.135,04	9.760,78	4.625,74	9.101,84
21	4.062,67	9.224,78	5.162,11	14.263,95
22	4.581,59	8.844,44	4.262,86	18.526,80
23	3.586,81	8.344,65	4.757,84	23.284,65
24	4.012,79	7.984,85	3.972,06	27.256,71
25	3.173,79	7.520,04	4.346,25	31.602,96

Arranjo CE1

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	28.963,65	0,00	-28.963,65	-28.963,65
1	8.429,08	0,00	-8.429,08	-37.392,73
2	24.170,81	0,00	-24.170,81	-61.563,54
3	10.813,25	7.508,45	-3.304,80	-64.868,34
4	12.789,89	8.485,99	-4.303,91	-69.172,25
5	12.190,89	11.276,24	-914,65	-70.086,90
6	13.011,88	16.832,80	3.820,92	-66.265,98
7	10.124,55	14.875,02	4.750,47	-61.515,51
8	10.119,07	14.630,45	4.511,38	-57.004,13
9	8.688,92	17.037,41	8.348,49	-48.655,65
10	9.494,26	13.925,58	4.431,32	-44.224,33
11	7.497,16	13.509,89	6.012,74	-38.211,59
12	7.901,88	13.071,52	5.169,64	-33.041,96
13	8.794,70	12.620,25	3.825,55	-29.216,40
14	7.000,87	12.163,42	5.162,56	-24.053,85
15	5.539,58	11.706,53	6.166,95	-17.886,90
16	6.237,96	11.253,73	5.015,78	-12.871,12
17	4.967,65	10.625,73	5.658,08	-7.213,03
18	5.504,23	10.200,10	4.695,88	-2.517,16
19	4.541,12	9.622,88	5.081,76	2.564,60
20	5.070,28	9.229,31	4.159,03	6.723,63
21	3.994,61	8.703,77	4.709,16	11.432,79
22	4.520,25	8.344,15	3.823,90	15.256,69
23	3.538,07	7.869,12	4.331,05	19.587,74
24	3.948,54	7.543,49	3.594,95	23.182,68
25	3.153,10	16.557,91	13.404,81	36.587,49

Arranjo CE2

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	32.897,99	0,00	-32.897,99	-32.897,99
1	12.215,09	0,00	-12.215,09	-45.113,08
2	29.284,79	0,00	-29.284,79	-74.397,87
3	12.394,55	7.475,08	-4.919,47	-79.317,34
4	14.861,87	10.013,68	-4.848,18	-84.165,52
5	14.099,57	13.234,41	-865,16	-85.030,68
6	14.945,47	17.608,40	2.662,94	-82.367,75
7	11.698,01	17.453,41	5.755,40	-76.612,34
8	11.749,32	17.203,16	5.453,84	-71.158,50
9	9.972,73	18.406,59	8.433,86	-62.724,64
10	11.092,47	16.422,59	5.330,12	-57.394,52
11	8.734,97	15.948,44	7.213,48	-50.181,04
12	9.242,67	15.442,96	6.200,30	-43.980,75
13	10.426,06	14.918,58	4.492,52	-39.488,22
14	8.179,10	14.384,59	6.205,49	-33.282,73
15	6.468,58	13.848,02	7.379,44	-25.903,29
16	7.288,29	13.314,20	6.025,91	-19.877,38
17	5.802,15	12.579,10	6.776,95	-13.100,43
18	6.436,58	12.073,73	5.637,15	-7.463,28
19	5.296,01	11.394,69	6.098,68	-1.364,60
20	5.921,28	10.924,58	5.003,30	3.638,70
21	4.663,33	10.303,62	5.640,28	9.278,98
22	5.283,33	9.871,70	4.588,37	13.867,35
23	4.128,32	9.308,11	5.179,79	19.047,15
24	4.616,23	8.914,97	4.298,73	23.345,88
25	3.661,80	9.566,31	5.904,50	29.250,38

Arranjo CE3

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	26.870,15	0,00	-26.870,15	-26.870,15
1	8.075,88	0,00	-8.075,88	-34.946,03
2	23.368,37	0,00	-23.368,37	-58.314,41
3	10.300,39	10.314,75	14,36	-58.300,04
4	11.769,87	7.727,71	-4.042,16	-62.342,20
5	11.221,99	10.711,10	-510,89	-62.853,10
6	12.176,05	21.427,05	9.251,00	-53.602,10
7	9.325,15	13.996,23	4.671,08	-48.931,02

8	9.366,93	13.827,45	4.460,52	-44.470,49
9	8.242,41	20.395,25	12.152,84	-32.317,65
10	8.798,76	13.271,19	4.472,43	-27.845,23
11	6.976,43	12.927,69	5.951,27	-21.893,96
12	7.333,86	12.559,89	5.226,03	-16.667,93
13	8.294,73	12.177,53	3.882,80	-12.785,13
14	6.525,21	11.787,94	5.262,73	-7.522,40
15	5.161,52	11.396,63	6.235,10	-1.287,29
16	5.814,85	11.007,82	5.192,97	3.905,68
17	4.658,94	10.465,37	5.806,42	9.712,10
18	5.110,15	10.099,43	4.989,28	14.701,38
19	4.247,33	9.601,17	5.353,84	20.055,22
20	4.720,61	9.263,65	4.543,04	24.598,26
21	3.719,38	8.811,40	5.092,02	29.690,28
22	4.212,99	8.504,78	4.291,80	33.982,08
23	3.314,47	8.098,24	4.783,77	38.765,84
24	3.664,44	7.823,18	4.158,74	42.924,58
25	2.972,58	10.421,50	7.448,92	50.373,50

Arranjo CE4

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	27.724,55	0,00	-27.724,55	-27.724,55
1	10.276,36	0,00	-10.276,36	-38.000,91
2	23.063,22	0,00	-23.063,22	-61.064,13
3	10.599,86	8.246,68	-2.353,18	-63.417,31
4	12.352,75	8.245,96	-4.106,79	-67.524,10
5	11.799,71	11.283,76	-515,95	-68.040,05
6	12.764,68	18.161,86	5.397,18	-62.642,87
7	9.800,18	14.741,75	4.941,57	-57.701,30
8	9.782,27	14.527,86	4.745,59	-52.955,71
9	8.523,81	18.080,13	9.556,32	-43.399,39
10	9.296,48	13.956,04	4.659,56	-38.739,83
11	7.346,11	13.627,21	6.281,10	-32.458,73
12	7.746,99	13.281,15	5.534,15	-26.924,58
13	8.565,69	12.922,99	4.357,30	-22.567,28
14	6.844,02	12.556,29	5.712,27	-16.855,01
15	5.440,27	12.183,54	6.743,27	-10.111,74
16	6.097,95	11.806,55	5.708,60	-4.403,14
17	4.859,88	11.248,14	6.388,26	1.985,13
18	5.396,70	10.876,60	5.479,89	7.465,02
19	4.443,30	10.344,63	5.901,34	13.366,35

20	4.998,68	9.979,86	4.981,18	18.347,53
21	3.962,12	9.473,11	5.510,99	23.858,52
22	4.455,30	9.115,95	4.660,65	28.519,17
23	3.497,00	8.633,22	5.136,23	33.655,40
24	3.904,18	8.284,46	4.380,28	38.035,68
25	3.101,16	7.824,83	4.723,67	42.759,34

Arranjo CP1

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	25.397,14	0,00	-25.397,14	-25.397,14
1	8.585,25	0,00	-8.585,25	-33.982,40
2	22.377,72	0,00	-22.377,72	-56.360,12
3	11.230,24	3.712,30	-7.517,93	-63.878,05
4	13.392,72	11.722,54	-1.670,18	-65.548,24
5	12.708,26	13.936,01	1.227,75	-64.320,48
6	13.491,56	15.409,83	1.918,26	-62.402,22
7	10.537,63	16.644,04	6.106,40	-56.295,82
8	10.575,44	16.121,85	5.546,41	-50.749,41
9	8.930,55	15.581,12	6.650,57	-44.098,84
10	9.978,23	15.027,38	5.049,15	-39.049,69
11	7.864,96	14.465,49	6.600,53	-32.449,16
12	8.291,29	13.899,74	5.608,45	-26.840,71
13	8.825,95	13.333,85	4.507,90	-22.332,81
14	7.358,54	12.771,10	5.412,55	-16.920,26
15	5.812,06	12.214,30	6.402,24	-10.518,02
16	6.551,41	11.665,89	5.114,48	-5.403,54
17	5.212,28	10.945,51	5.733,23	329,69
18	5.768,08	10.430,11	4.662,03	4.991,72
19	4.757,26	9.765,47	5.008,21	9.999,93
20	5.309,76	9.286,76	3.977,00	13.976,93
21	4.174,23	8.678,41	4.504,18	18.481,11
22	4.714,08	8.238,49	3.524,41	22.005,52
23	3.690,09	7.685,89	3.995,80	26.001,32
24	4.111,01	7.285,65	3.174,64	29.175,95
25	3.282,38	8.821,26	5.538,88	34.714,84

Arranjo CP2

Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	23.821,90	0,00	-23.821,90	-23.821,90

1	8.426,12	0,00	-8.426,12	-32.248,02
2	20.778,95	0,00	-20.778,95	-53.026,97
3	11.379,88	4.233,87	-7.146,02	-60.172,99
4	13.721,24	11.663,65	-2.057,59	-62.230,58
5	13.173,97	13.855,62	681,65	-61.548,92
6	14.013,78	15.494,48	1.480,70	-60.068,23
7	10.919,30	16.877,83	5.958,53	-54.109,70
8	10.834,74	16.273,33	5.438,59	-48.671,10
9	9.191,11	15.660,83	6.469,72	-42.201,38
10	10.275,62	15.044,63	4.769,01	-37.432,37
11	8.102,73	14.428,52	6.325,79	-31.106,59
12	8.506,65	13.815,79	5.309,14	-25.797,44
13	8.793,65	13.209,31	4.415,66	-21.381,78
14	7.542,68	12.611,51	5.068,83	-16.312,96
15	5.951,34	12.024,50	6.073,16	-10.239,80
16	6.714,85	11.450,06	4.735,21	-5.504,59
17	5.311,85	10.681,60	5.369,75	-134,84
18	5.919,70	10.148,26	4.228,57	4.093,72
19	4.873,99	9.445,36	4.571,37	8.665,09
20	5.455,59	8.954,57	3.498,98	12.164,07
21	4.282,44	8.315,46	4.033,03	16.197,09
22	4.835,69	7.867,51	3.031,81	19.228,91
23	3.774,52	7.289,72	3.515,21	22.744,11
24	4.227,33	6.884,05	2.656,71	25.400,82
25	3.340,33	7.524,44	4.184,11	29.584,93

Palma-de-óleo em monocultivo orgânico

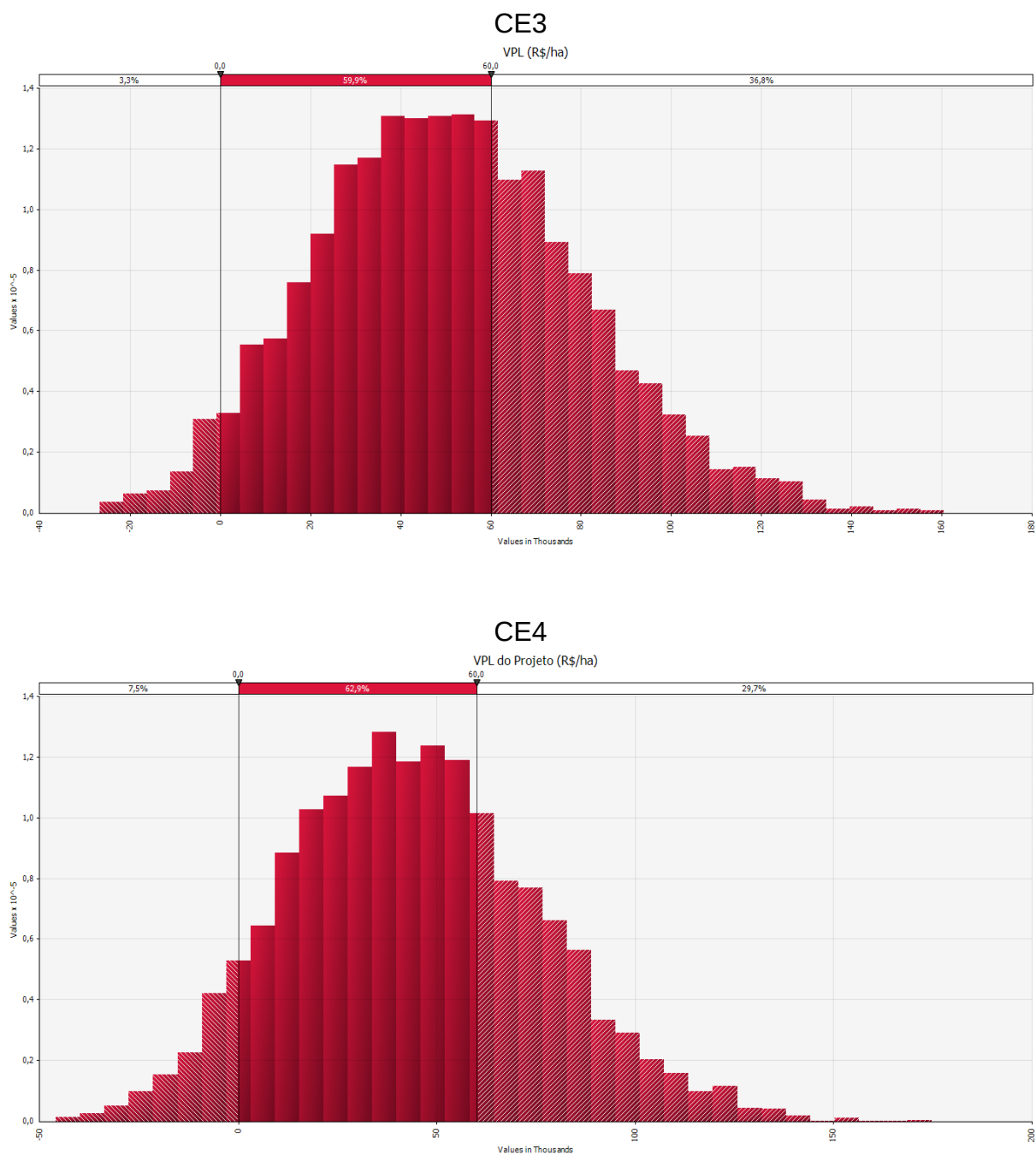
Ano	Custos (R\$.ha ⁻¹)	Receitas (R\$.ha ⁻¹)	Saldo (R\$.ha ⁻¹)	Saldo acumulado (R\$.ha ⁻¹)
0	21.810,39	0,00	-21.810,39	-21.810,39
1	5.513,15	0,00	-5.513,15	-27.323,54
2	7.323,79	0,00	-7.323,79	-34.647,33
3	8.334,87	4.944,96	-3.389,91	-38.037,24
4	10.582,03	7.256,75	-3.325,28	-41.362,52
5	10.893,29	9.290,99	-1.602,31	-42.964,82
6	11.617,79	11.071,68	-546,11	-43.510,93
7	9.027,18	12.621,02	3.593,84	-39.917,09
8	8.447,05	11.906,62	3.459,57	-36.457,52
9	7.394,91	11.232,66	3.837,75	-32.619,77
10	8.237,61	10.596,85	2.359,24	-30.260,52
11	6.581,44	9.997,03	3.415,59	-26.844,93
12	6.690,85	9.431,16	2.740,31	-24.104,63

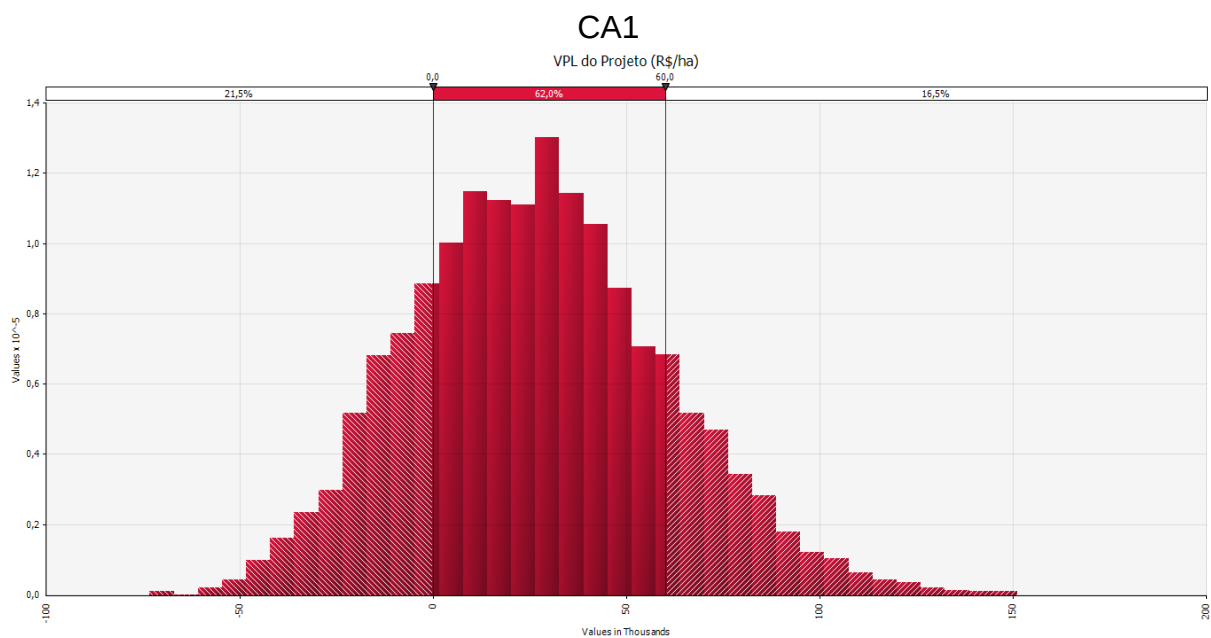
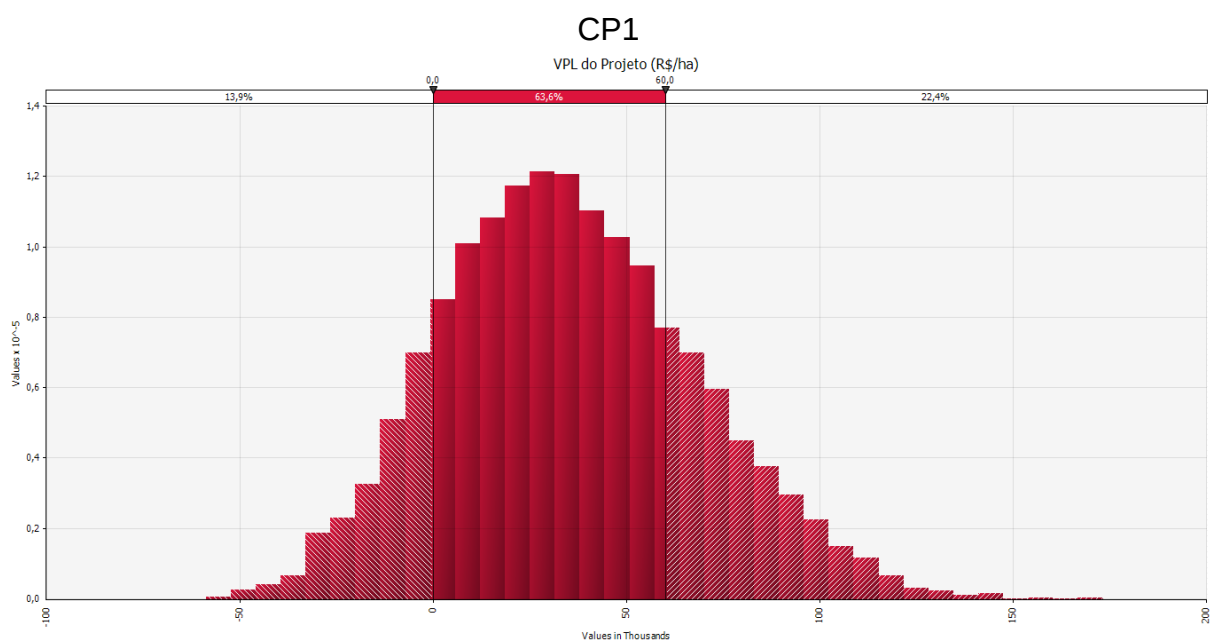
13	5.857,46	8.897,32	3.039,86	-21.064,76
14	5.954,84	8.393,70	2.438,86	-18.625,90
15	4.675,27	7.918,58	3.243,32	-15.382,59
16	5.299,78	7.470,36	2.170,58	-13.212,01
17	4.109,31	6.804,49	2.695,18	-10.516,82
18	4.668,05	6.419,33	1.751,28	-8.765,54
19	3.871,95	5.839,69	1.967,74	-6.797,80
20	4.357,07	5.509,14	1.152,07	-5.645,73
21	3.396,51	5.004,81	1.608,30	-4.037,42
22	3.831,07	4.721,52	890,45	-3.146,97
23	2.978,81	4.282,95	1.304,13	-1.842,84
24	3.368,04	4.040,52	672,47	-1.170,37
25	2.611,91	3.659,33	1.047,42	-122,95

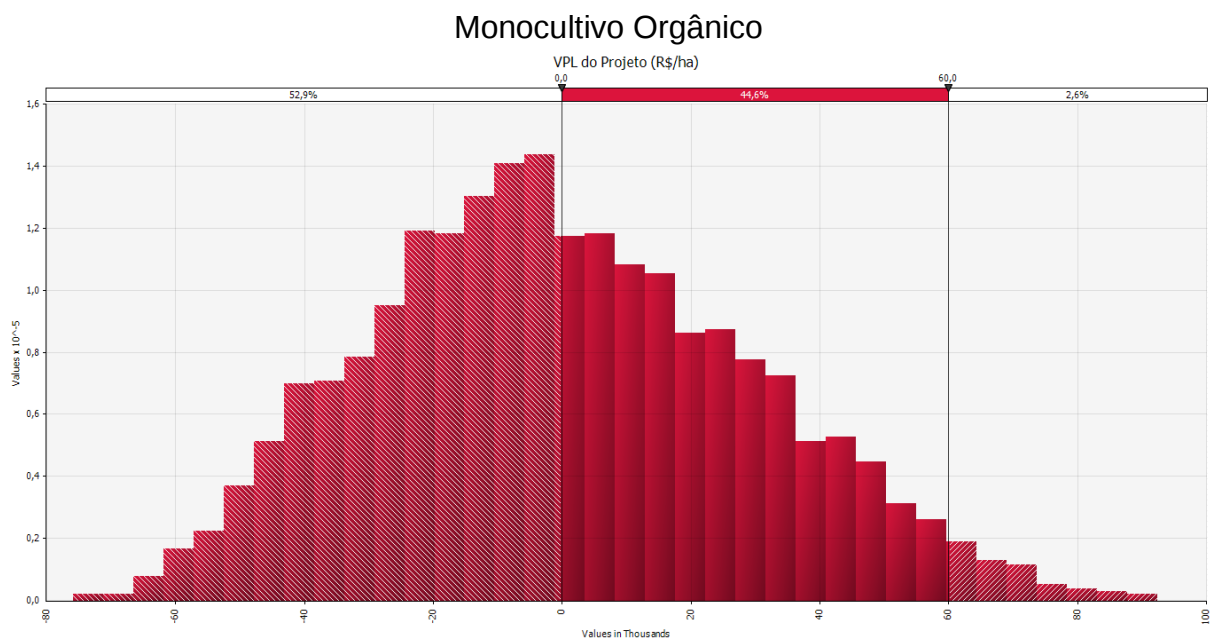
Fonte: O autor.

APÊNDICE H

Figura 1: Densidade de probabilidade do VPL (R\$.ha⁻¹) para um horizonte de 25 anos nos SAFs avaliados.





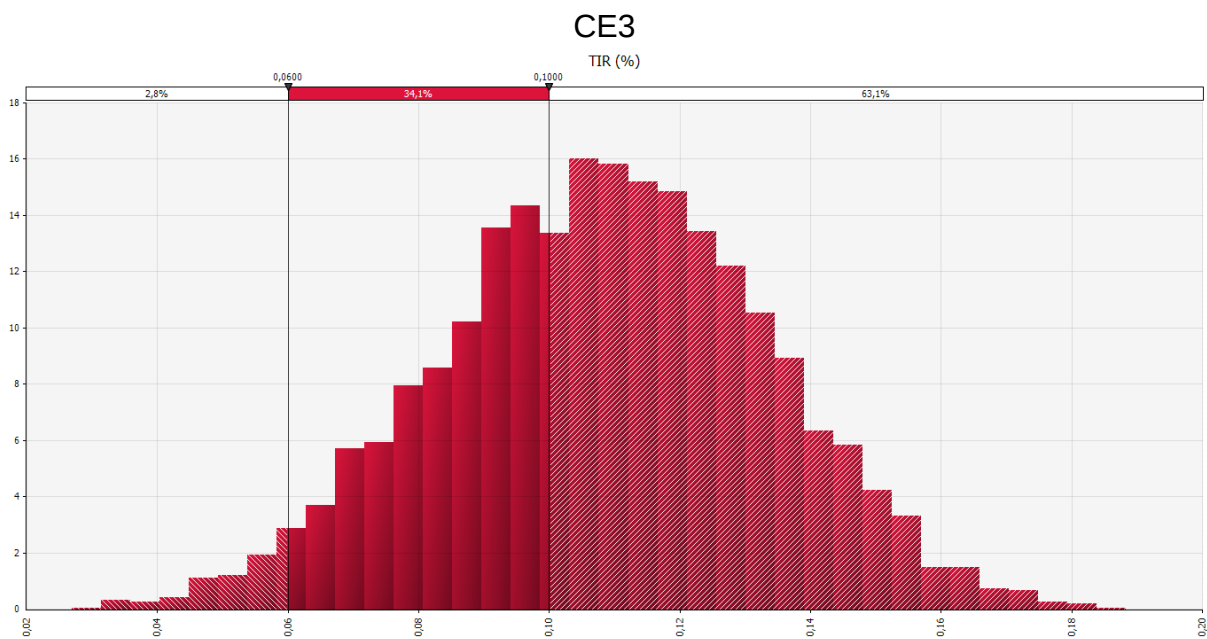


Fonte: O autor;

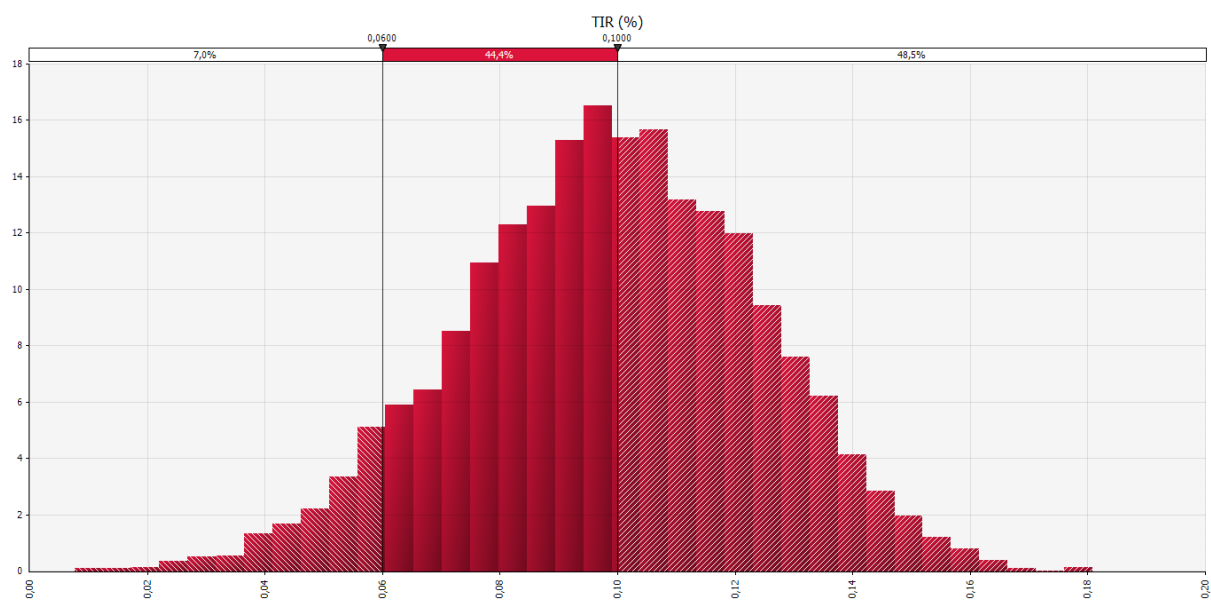
Onde: *Values in thousands* = valores em milhares;

Values $\times 10^{-5}$ = Valores $\times 10^{-5}$.

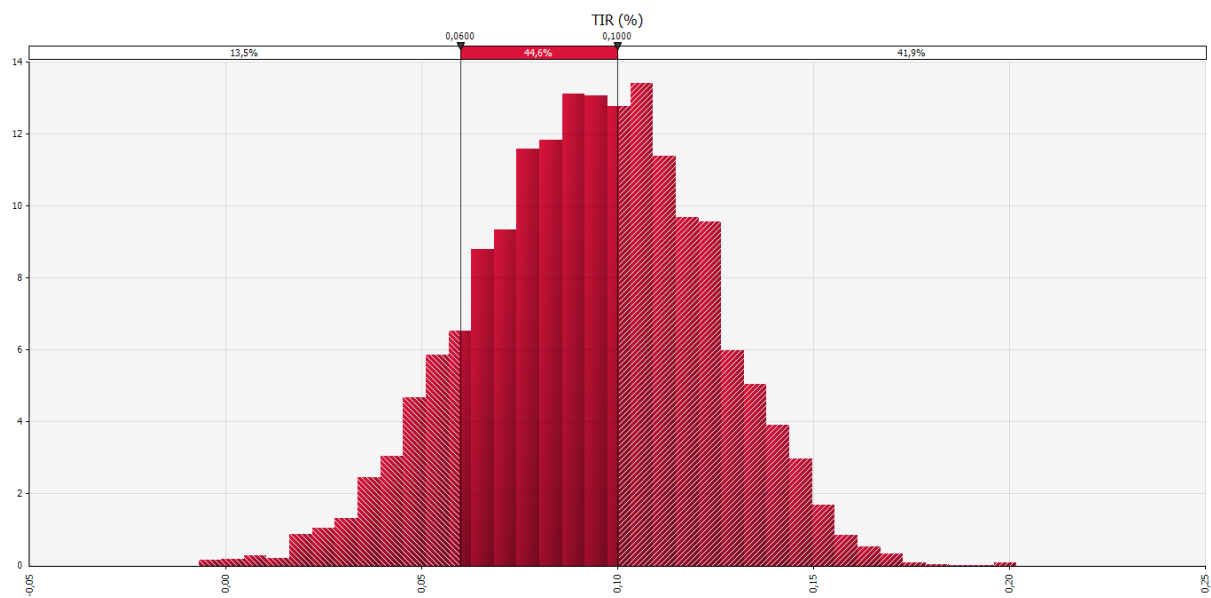
Figura 2: Densidade de probabilidade para a TIR (%) para um horizonte de 25 anos nos SAFs avaliados.

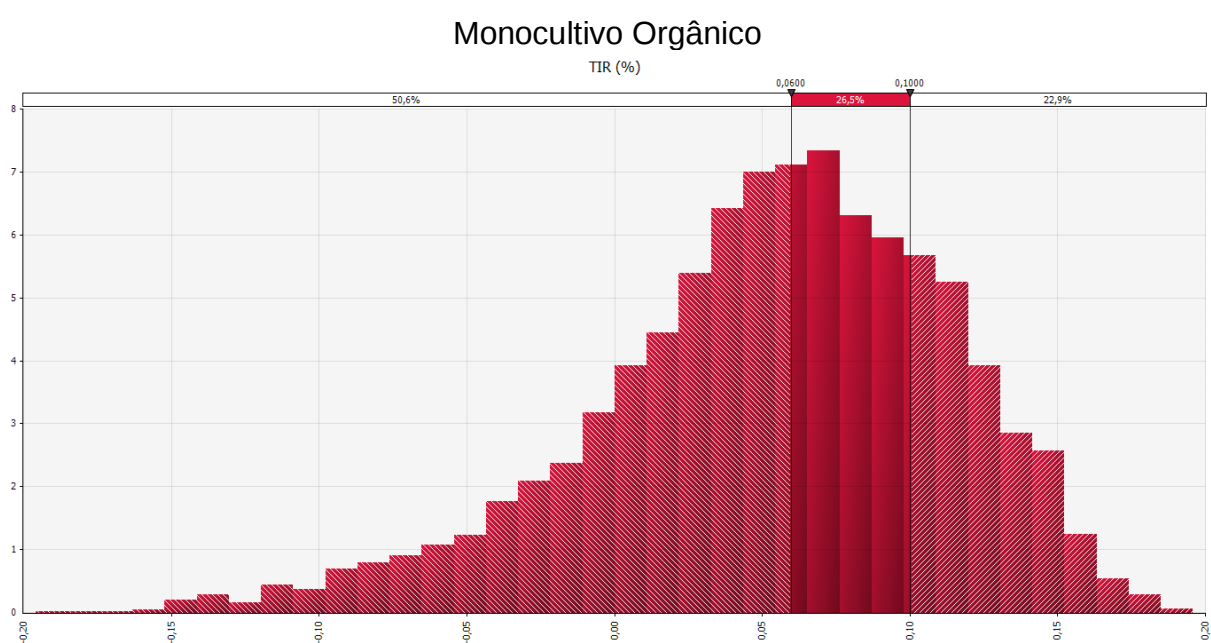
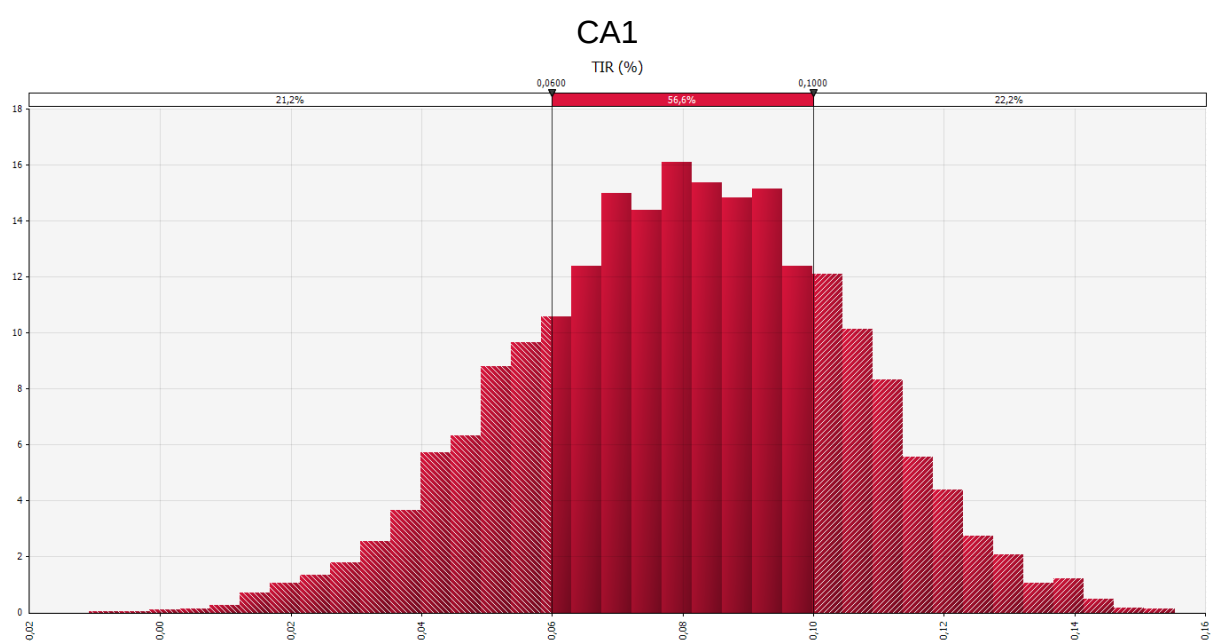


CE4



CP1

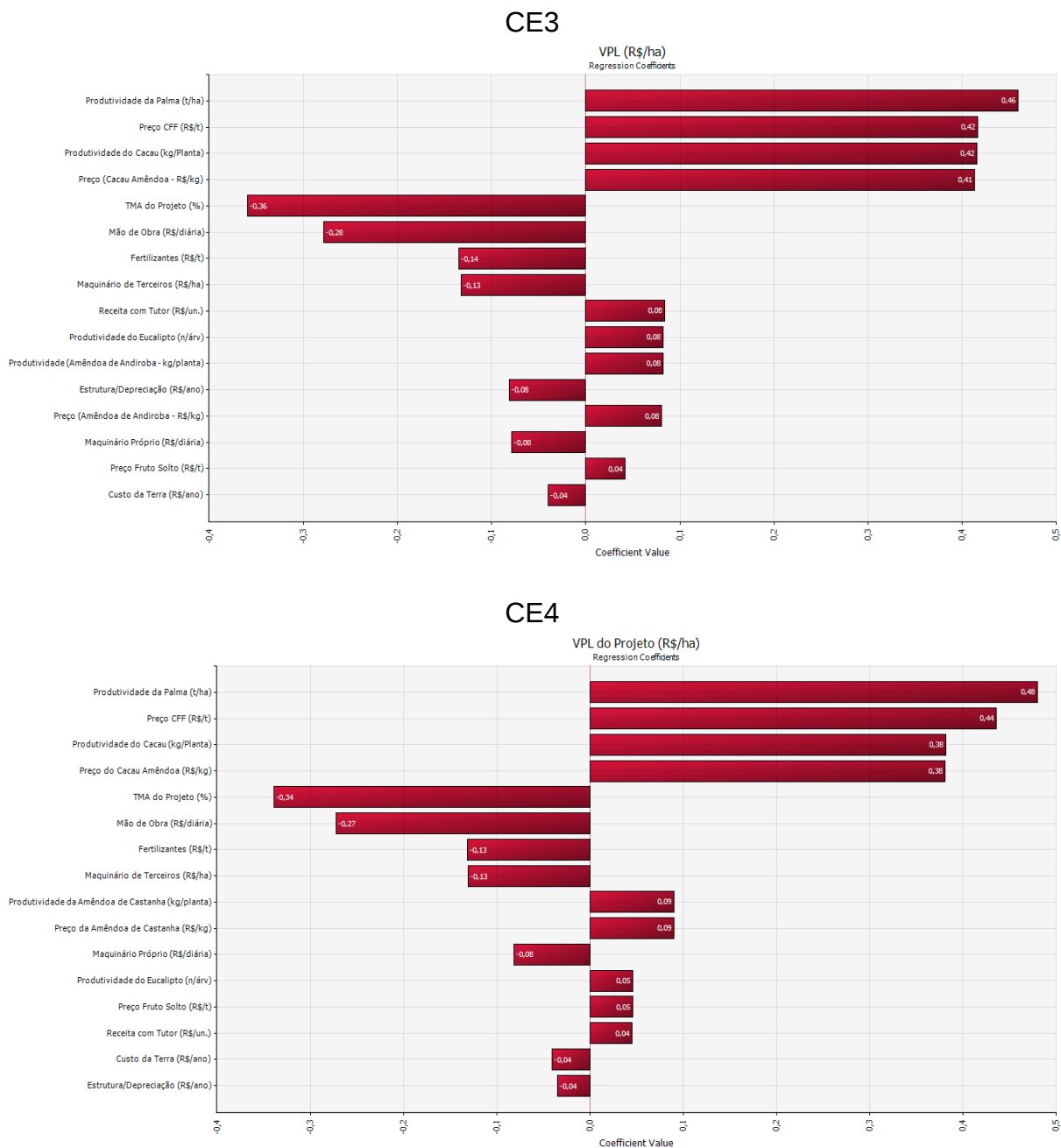




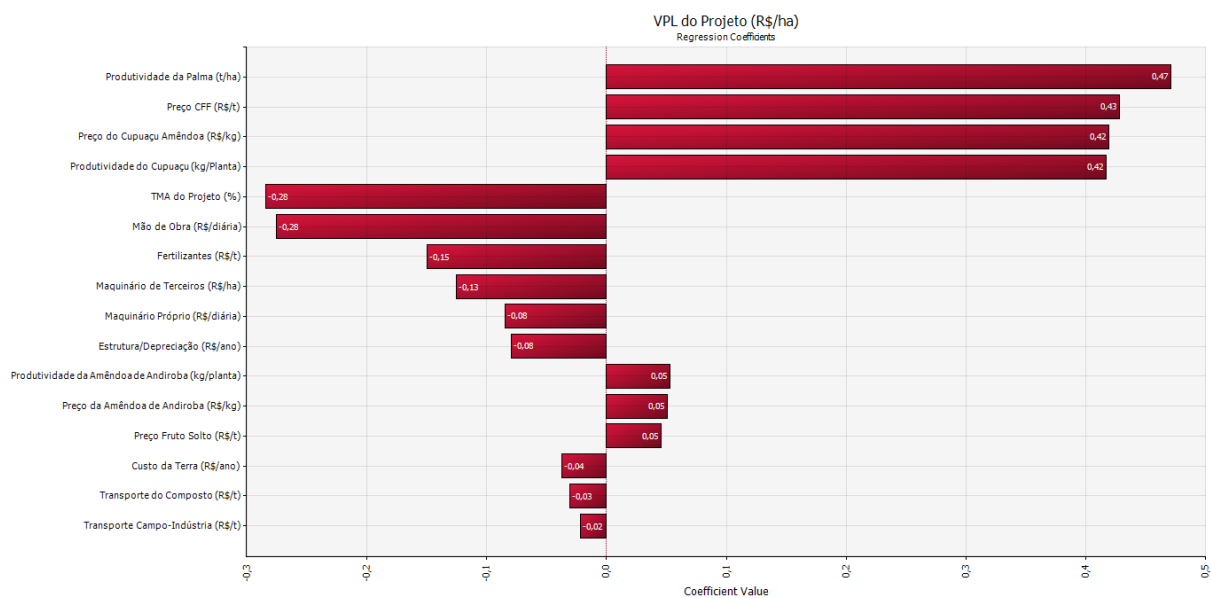
Fonte: O autor.

APÊNDICE I

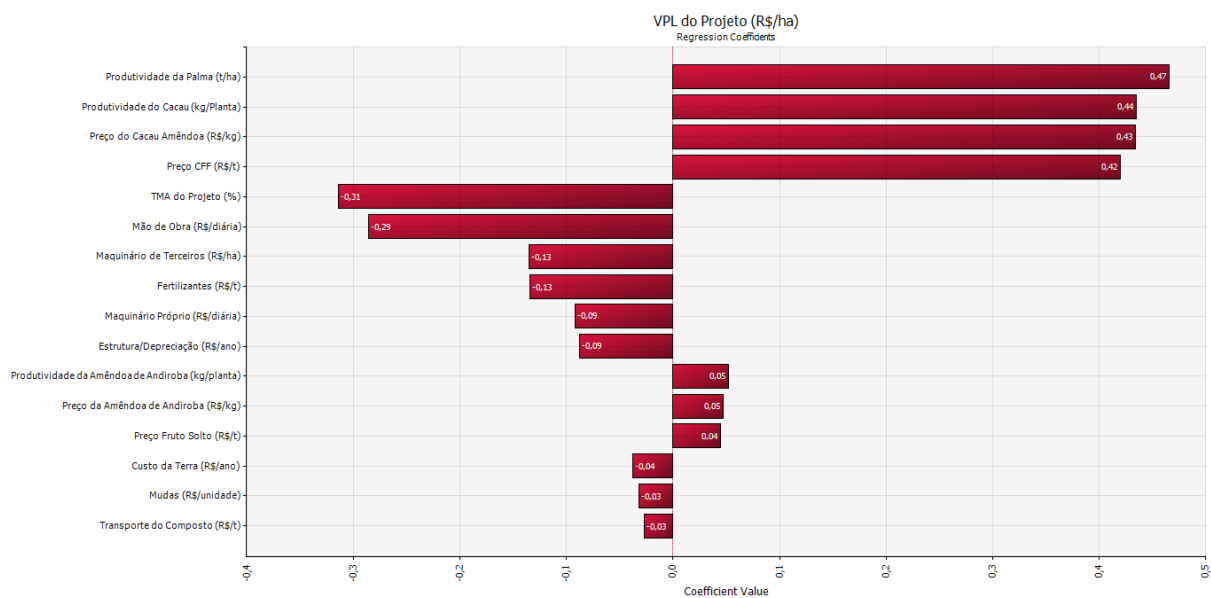
Figura 1: Gráfico de Tornado para o VPL (R\$.ha⁻¹) para um horizonte de 25 anos nos SAFs avaliados.



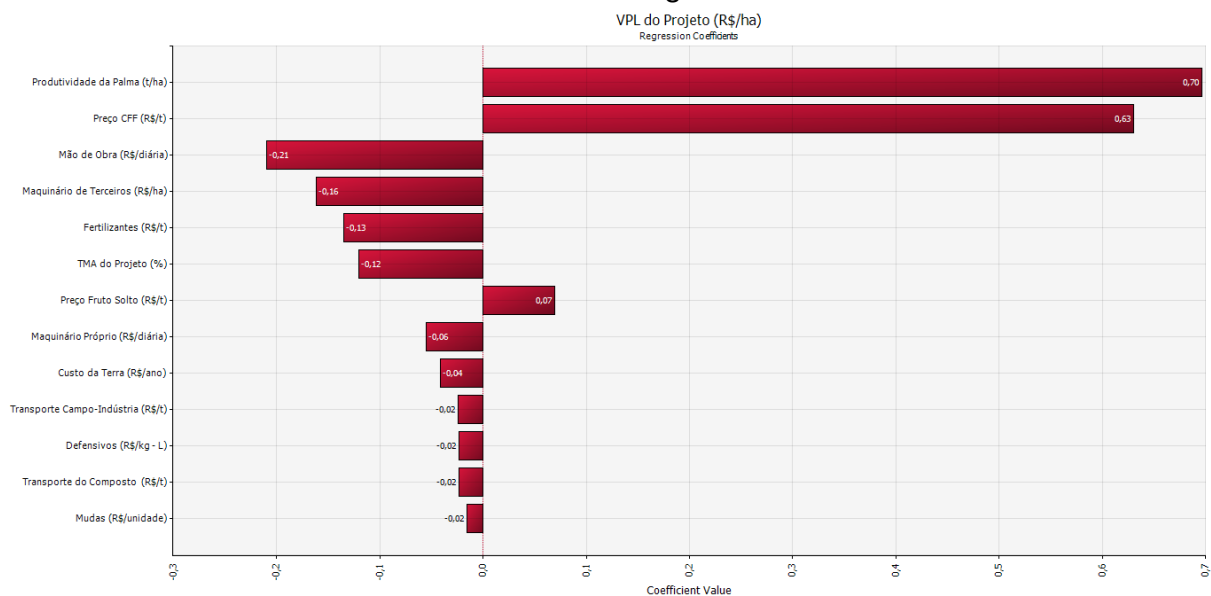
CP1



CA1



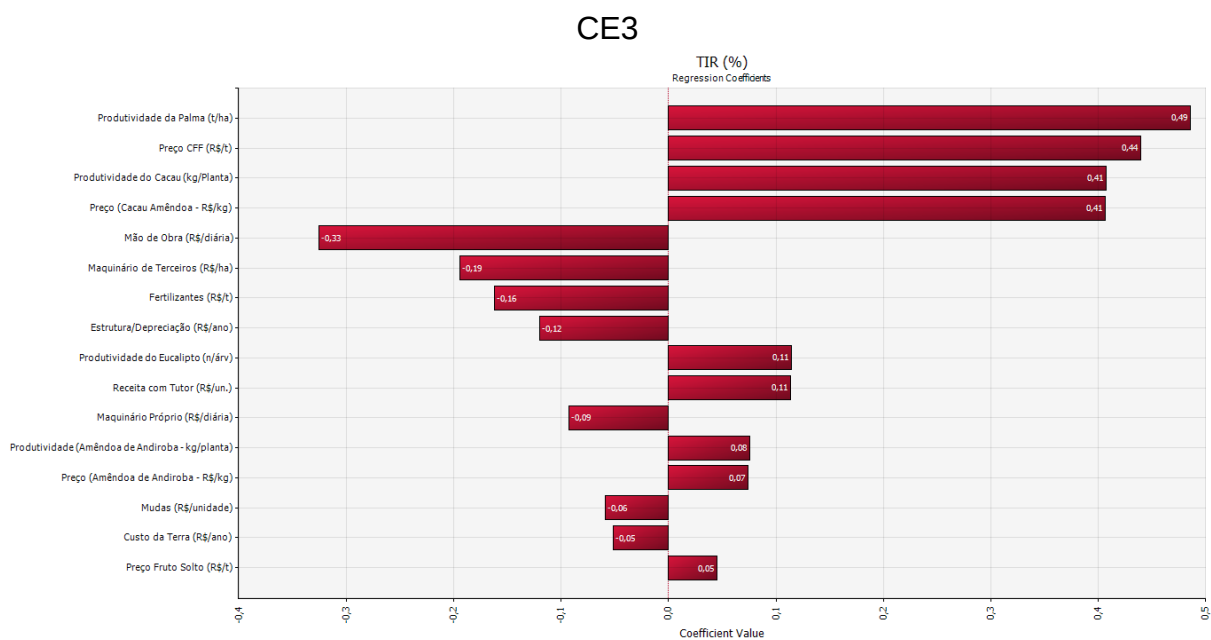
Monocultivo orgânico



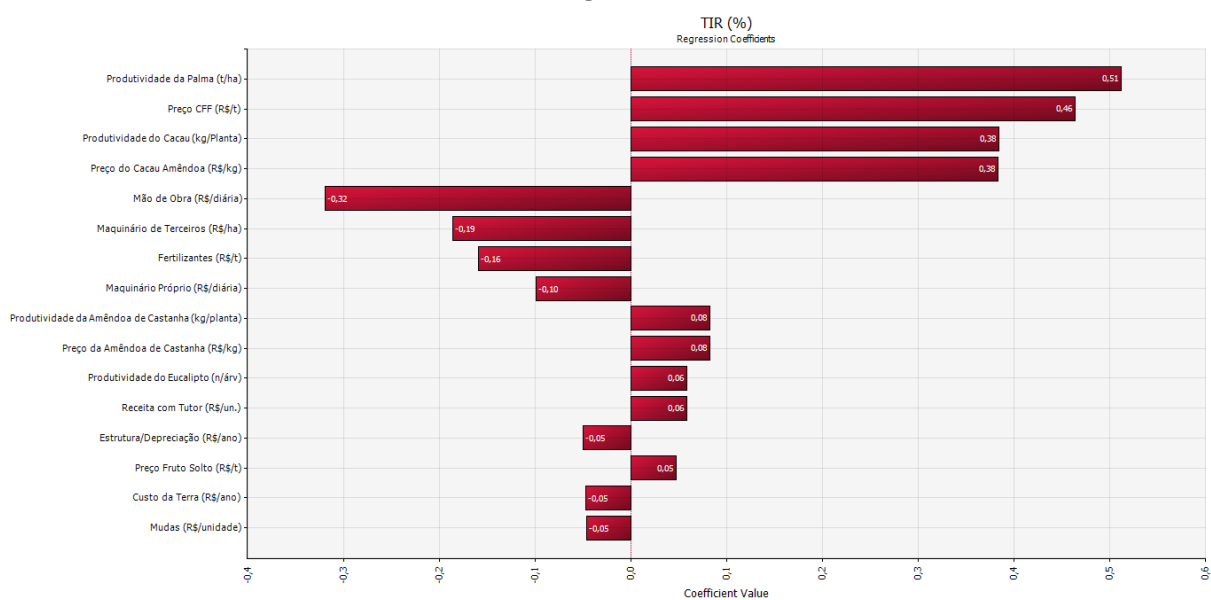
Fonte: O autor;

Onde: *Coefficient value* = Valor do coeficiente.

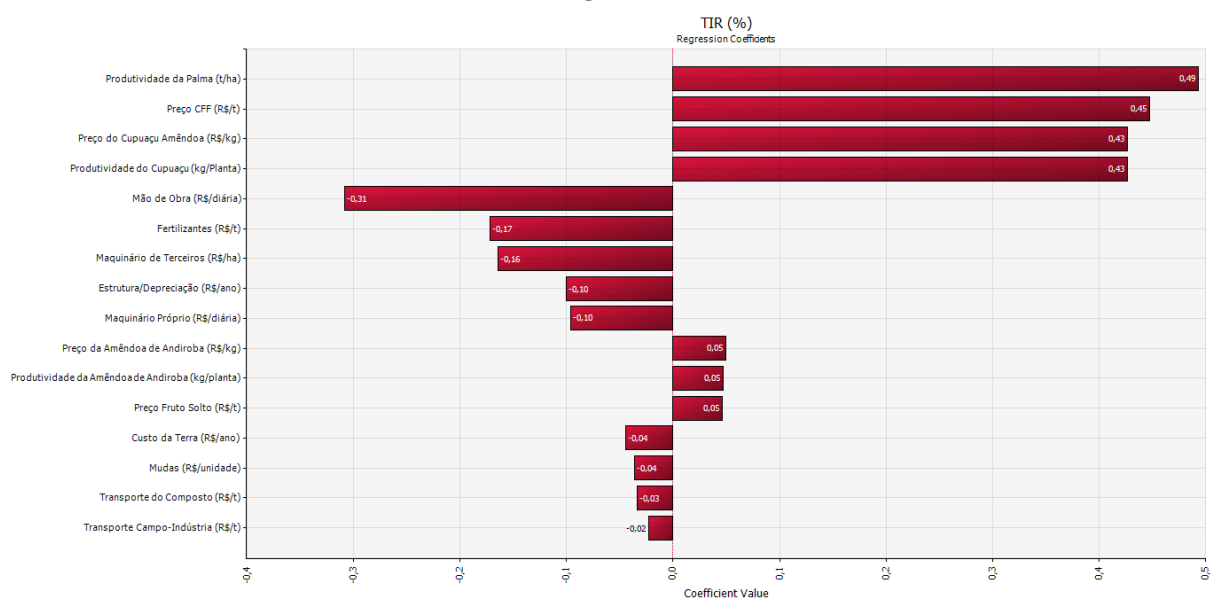
Figura 2: Gráfico de Tornado para a TIR (%) para um horizonte de 25 anos nos SAFs avaliados.



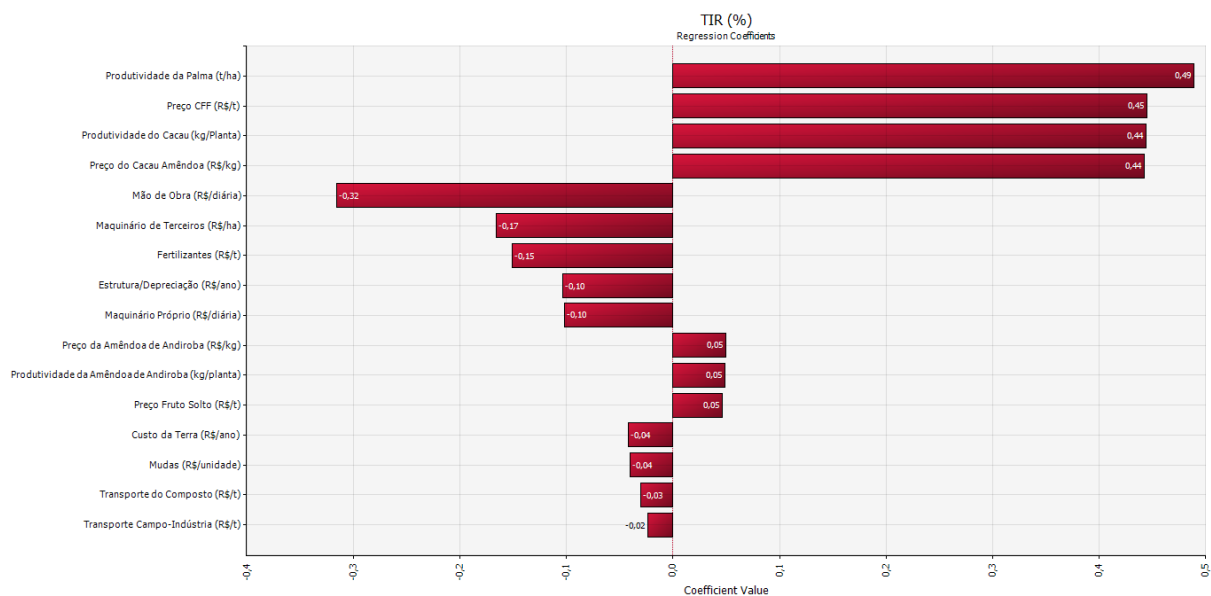
CE4



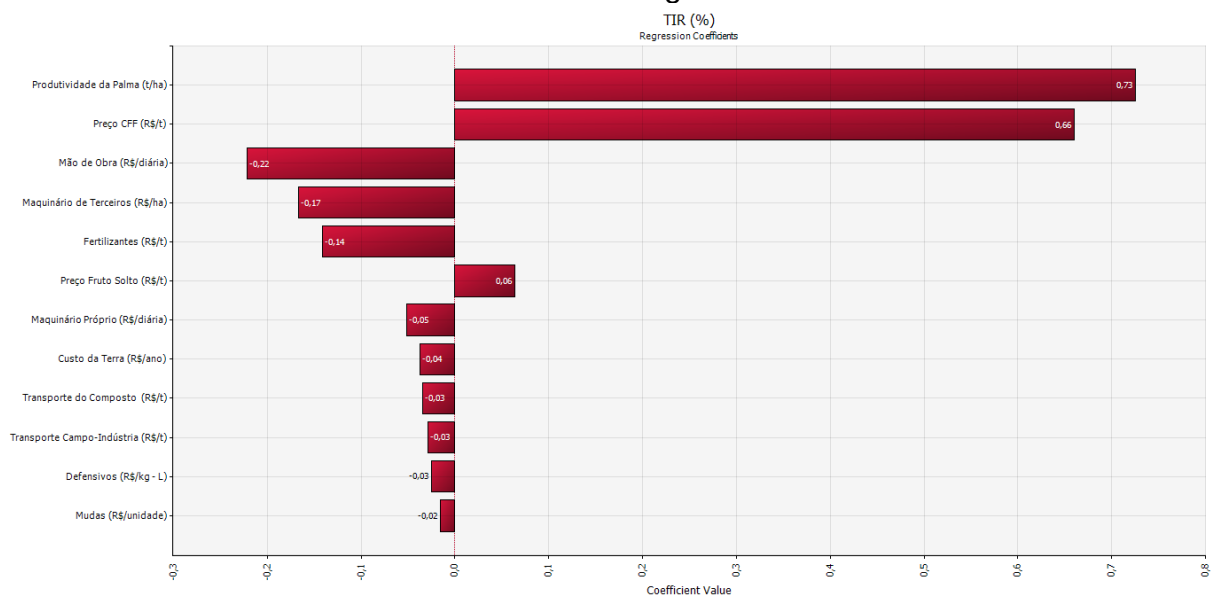
CP1



CA1



Monocultivo orgânico

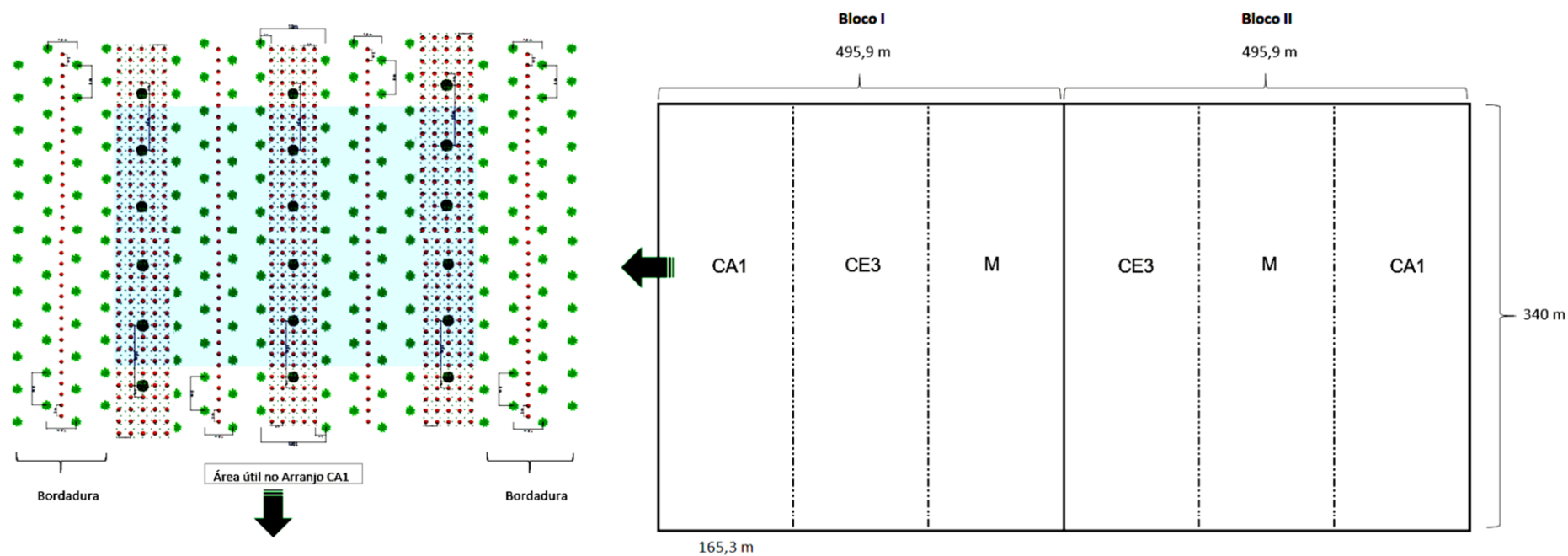


Fonte: O autor;

Onde: *Coefficient value* = Valor do coeficiente.

APÊNDICE J

Figura 1: Diagrama esquemático para o desenho experimental do arranjo CA1 a ser implementado em campo



Nota: O diagrama apenas indica a disposição dos tratamentos em campo. Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A.
Continua...

Figura 2: Área útil para coleta de dados no arranjo CA1 (Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A)

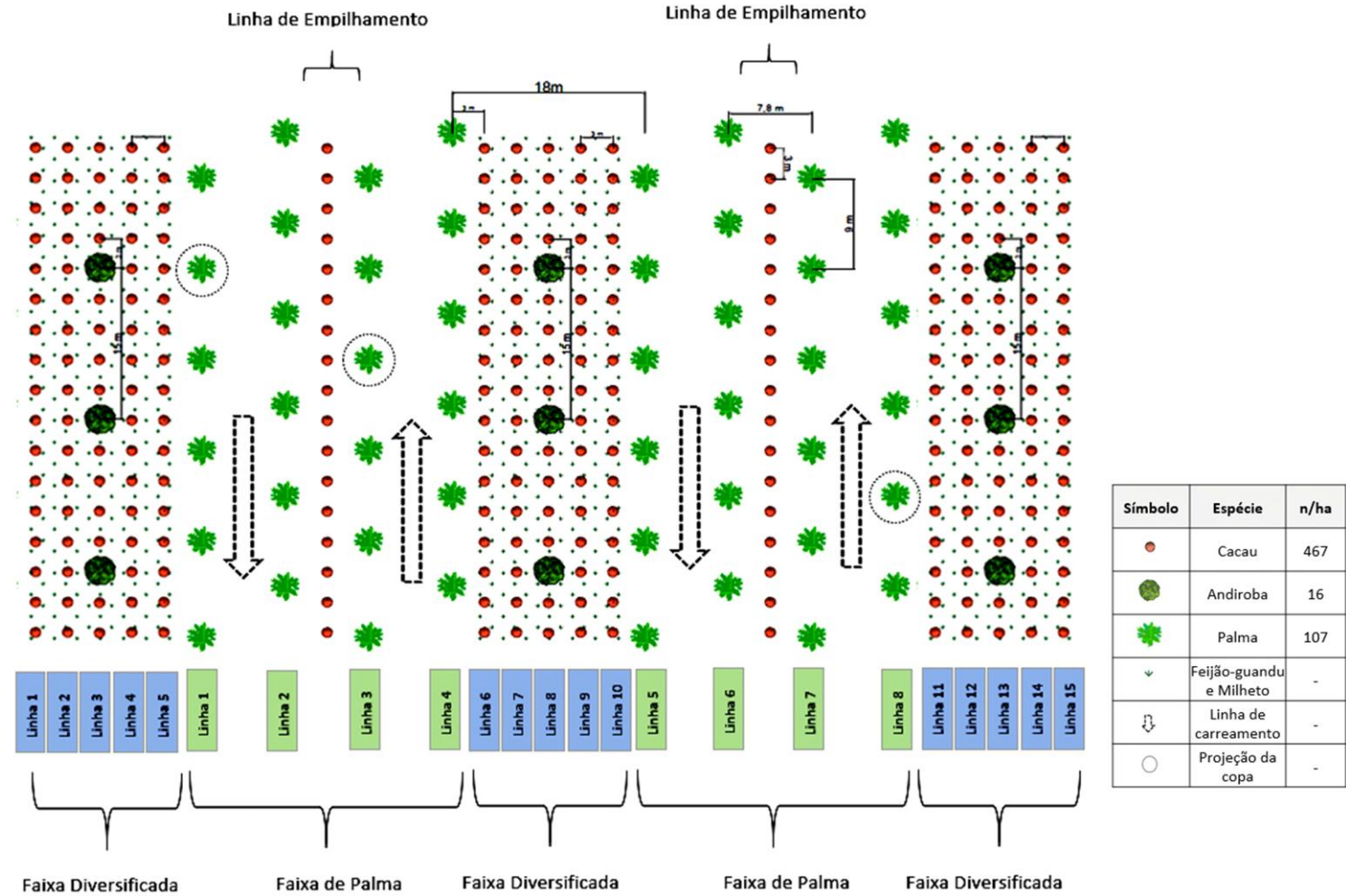
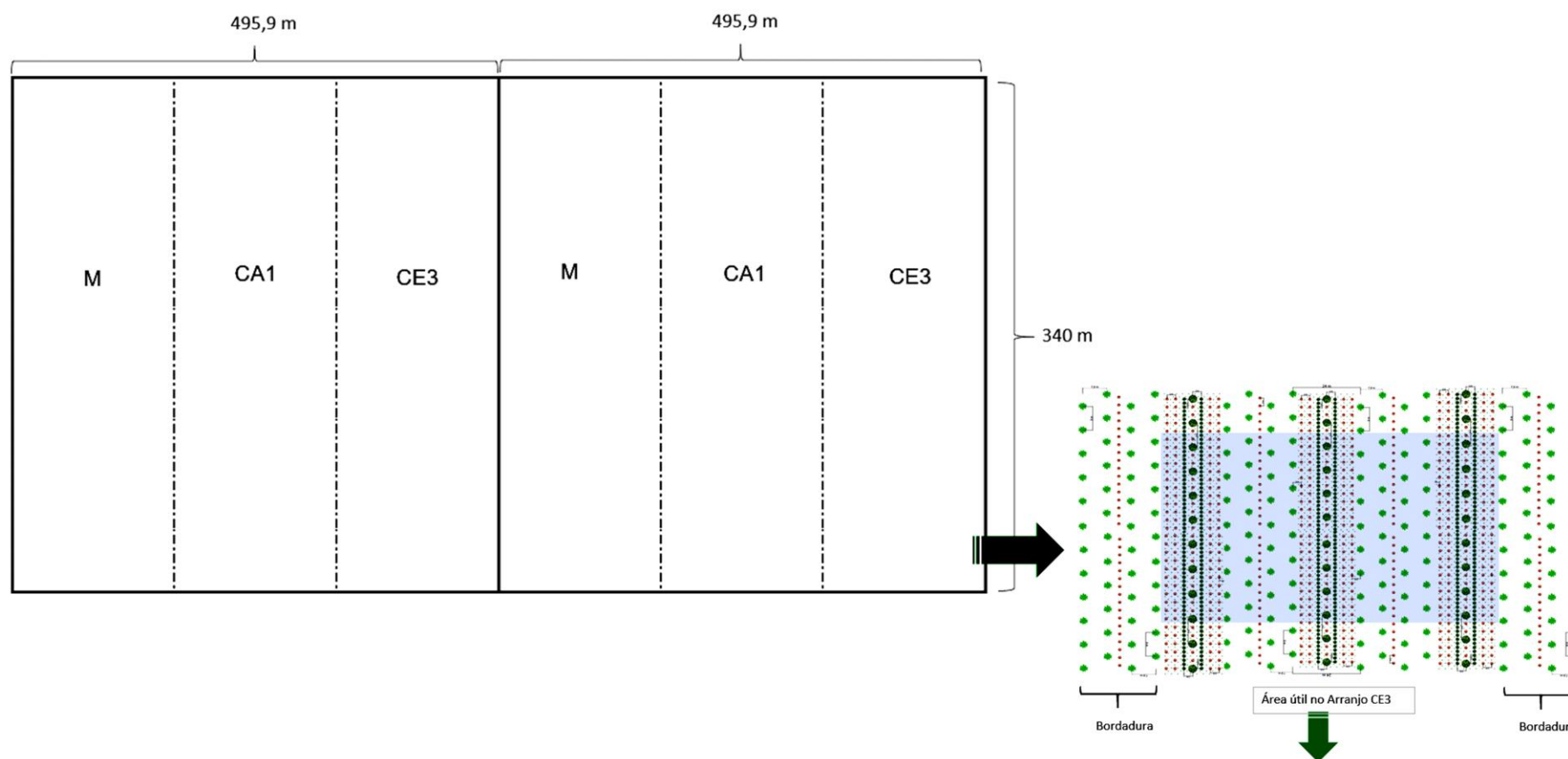


Figura 3: Diagrama esquemático para o desenho experimental do arranjo CE3 a ser implementado em campo



Nota: O diagrama apenas indica a disposição dos tratamentos em campo. Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A.
Continua...

Figura 4: Área útil para coleta de dados no arranjo CE3 (Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A)

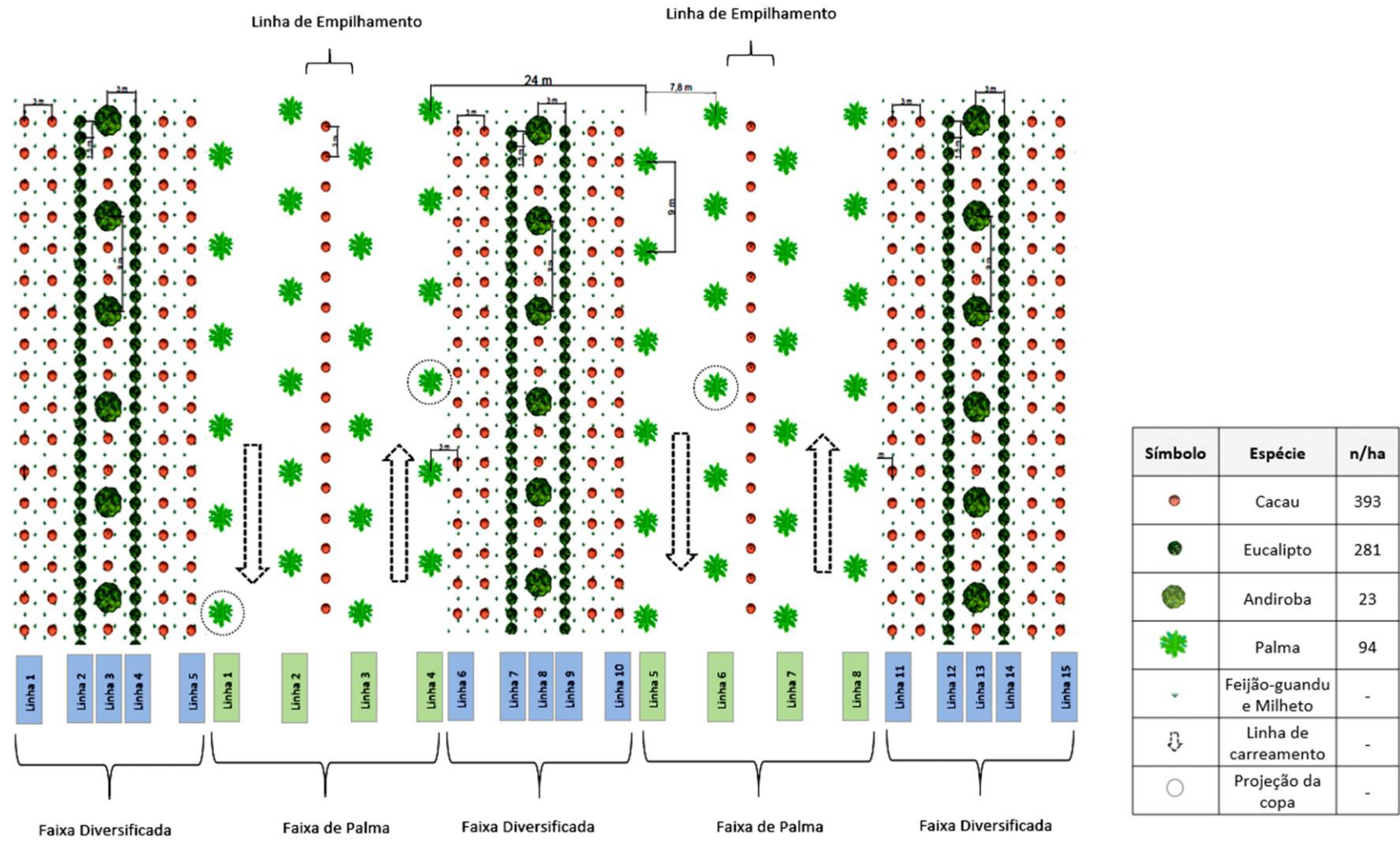
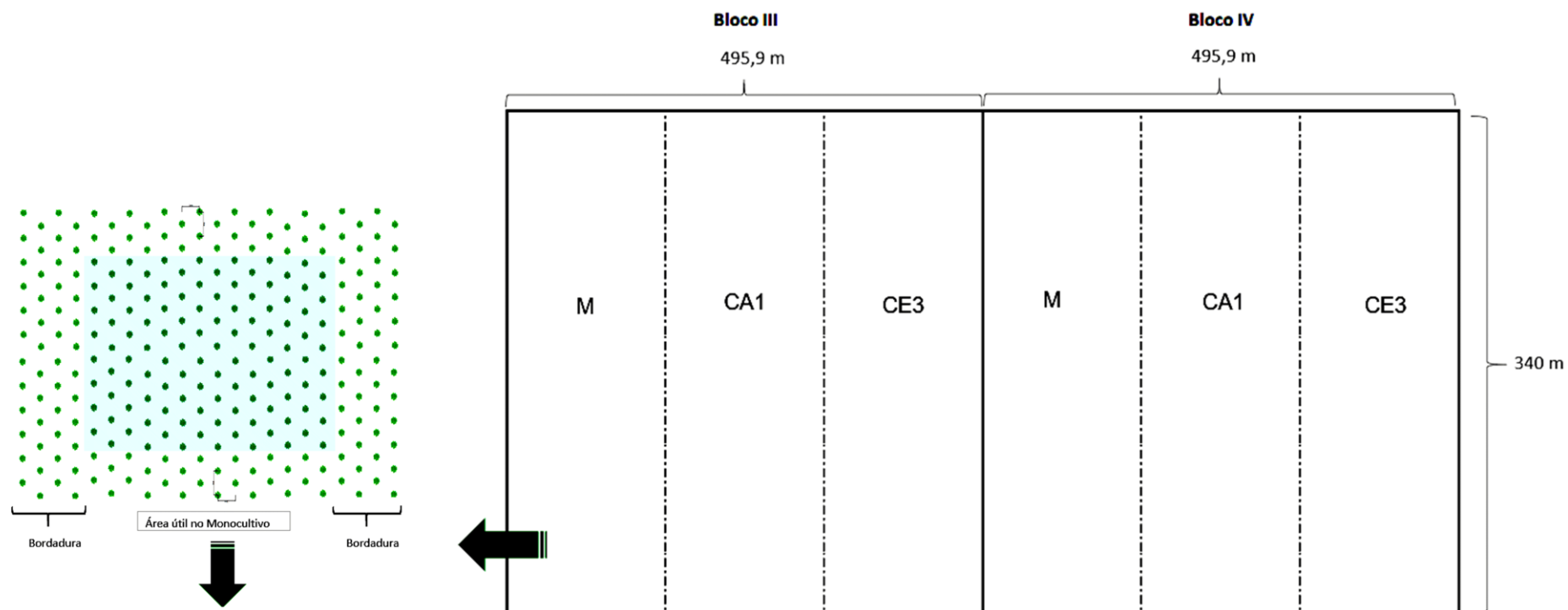
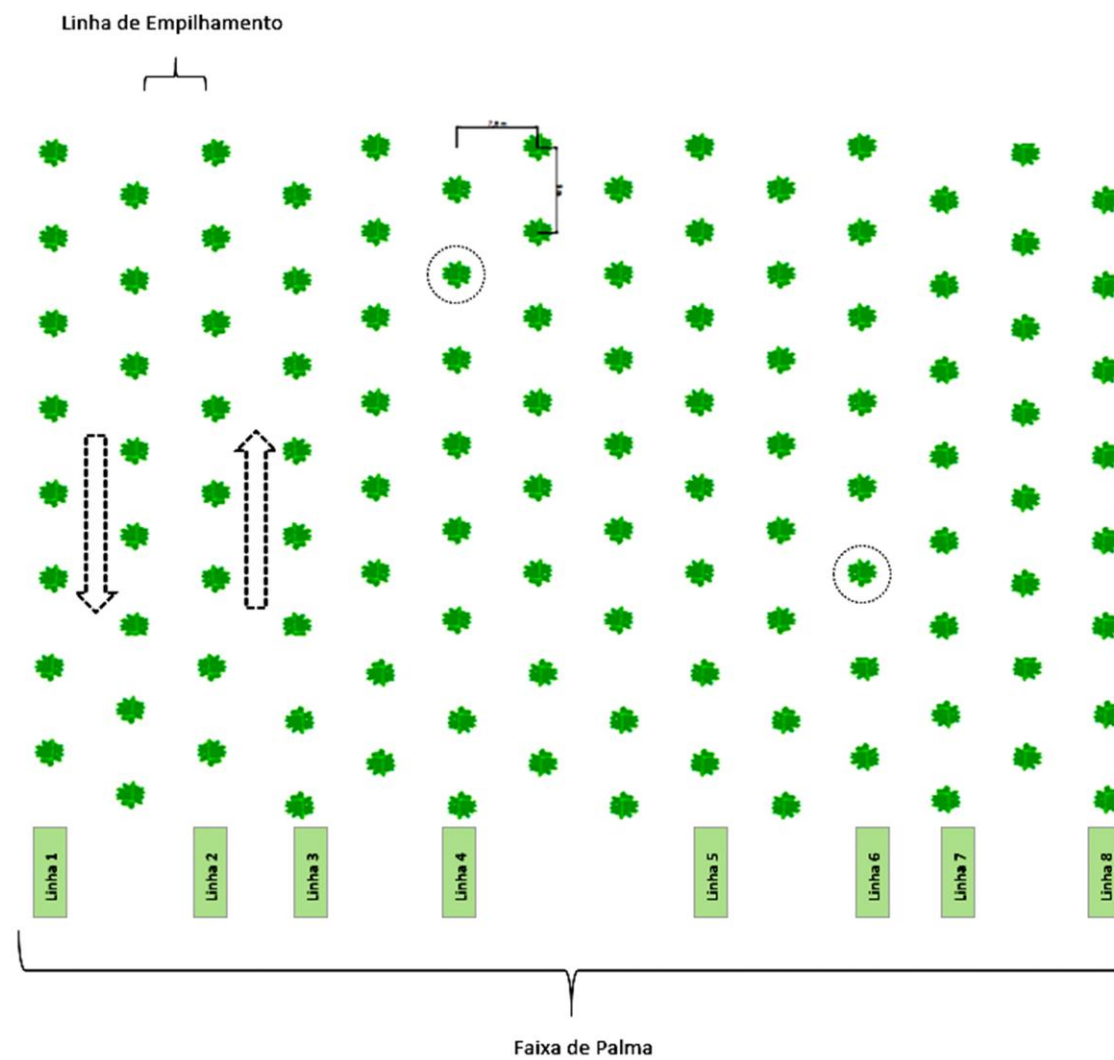


Figura 5: Diagrama esquemático para o desenho experimental para o monocultivo a ser implementado em campo



Nota: O diagrama apenas indica a disposição dos tratamentos em campo. Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A.
Continua...

Figura 6: Área útil para coleta de dados no monocultivo (Para medidas e espaçamentos consultar Apêndice A)



APÊNDICE K

Tabela 1: Indicadores de monitoramento propostos para cada avaliação sugerida estratificados por abordagem

Abordagem	Avaliação	Indicador	Frequência de avaliação	Intensidade Amostral por Repetição
Ambiental	Análise física e microbiológica do solo	Índice S	1º a 5º ano: Anual ou bienal; 5º a 15º ano: A cada 3 a 5 anos; 15º a 25º ano: A cada 5 anos.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.
		Índice de Compactação	1º a 5º ano: Anual ou bienal; 5º a 15º ano: A cada 3 a 5 anos; 15º a 25º ano: A cada 5 anos.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.
		Textura	1º a 25º ano: A cada ciclo agrícola.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.
		Estrutura	1º a 25º ano A cada ciclo agrícola.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.
		Infiltração	1º a 25º ano: Anual ou a cada ciclo agrícola;	Projeção da copa: 3 plantas em cada uma das faixas de palma; Linha de carreamento: 3 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas de palma; Linha de empilhamento: 3 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas de palma; Faixa diversificada: 9 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas diversificadas.
		Estabilidade de Agregados	1º a 25º ano: A cada ciclo agrícola.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

	Quociente Metabólico (qCO ₂)	1º a 5º ano: Anual ou bienal; 5º a 15º ano: A cada 3 a 5 anos; 15º a 25º ano: A cada 5 anos.	Projeção da copa: 3 plantas em cada uma das faixas de palma; Linha de carreamento: 3 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas de palma; Linha de empilhamento: 3 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas de palma; Faixa diversificada: 9 pontos de amostragem distribuídos aleatoriamente em cada uma das faixas diversificadas.
Água no solo	Umidade do Solo	1º a 25º ano: Anual ou a cada ciclo agrícola;	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa de palma.
	C.E. do Solo	1º a 25º ano: Anual ou a cada ciclo agrícola;	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.
Mineralização da M.O.	Taxa de decomposição de MO (Litter bag)	3º a 5º ano: 1 medição por ano; 6º a 15º: 1 medição a cada 3 anos; 16º a 25º: 1 medição a cada 5 anos.	Cacau: 42 litterbags distribuídos nas pilhas de folhas e 42 nas faixas diversificada totalizando 84 litterbags; Eucalipto e andiroba: 21 litterbags nas faixas diversificadas; Palma-de-óleo: 84 litterbags distribuídos nas faixas de palma; Margaridão, milheto, feijão guandu: 21 litterbags distribuídos nas faixas diversificadas.
	Mineralização de N e P na MO (Litter bag)	3º a 5º ano: 1 medição por ano; 6º a 15º: 1 medição a cada 3 anos; 16º a 25º: 1 medição a cada 5 anos.	Cacau: 42 litterbags distribuídos nas pilhas de folhas e 42 nas faixas diversificada totalizando 84 litterbags; Eucalipto e andiroba: 21 litterbags nas faixas diversificadas; Palma-de-óleo: 84 litterbags distribuídos nas faixas de palma; Margaridão, milheto, feijão guandu: 21 litterbags distribuídos nas faixas diversificadas.
Sequestro de C	COT no solo	1º a 25º ano: Quinquenal	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm; Linha de empilhamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

	C acima do solo	1º a 25º ano: Quinquenal	Cacau: 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); Eucalipto: 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); Andiroba: 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total). Palma-de-óleo: Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma".
	C abaixo do solo	1º a 25º ano: Quinquenal	2 trincheiras no Projeção da copa; 2 trincheiras no Linha de empilhamento; 2 trincheiras no Linha de carreamento e 2 trincheiras na faixa de diversidade, totalizando 8 trincheiras por repetição. Seguir os procedimentos metodológicos de Ramos et al. (2018).
	C na serapilheira	1º a 25º ano: Quinquenal	Projeção da copa: 4 coletas distribuídas aleatoriamente em cada faixa de palma; Linha de carreamento: 4 coletas distribuídas aleatoriamente em cada faixa de palma; Linha de empilhamento: 4 coletas distribuídas aleatoriamente em cada faixa de palma; Faixa diversificada: 12 coletas distribuídas aleatoriamente em cada faixa de diversidade.
	% de Flores Fêmeas (Sex Ratio) - Palma	3º a 25º: Trimestral ou semestral	3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (12 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental)
	% de Inflorescências Abortadas - Palma	3º a 25º: Trimestral ou semestral	3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (12 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental)

		Índice de Qualidade Química do Solo-IQS	1º a 5º ano: Anual ou bienal; 5º a 15º ano: de 3 a 4 anos; 15º a 25º ano: de 4 a 5 anos.	Projeção da copa: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Linha de carreamento: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Linha de empilhamento : 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa diversificada; Faixa diversificada: 10 subamostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e anotar a distância (nº de linhas) até a faixa de palma.
Agronômica	Análise de solo e tecido vegetal	Teor de macronutrientes por espécie	1º a 5º ano: Anual; 5º a 10º ano: de 2 a 3 anos; 10º a 20º ano: de 3 a 5 anos; 20º a 25º ano: de 2 a 3 anos.	Folhas maduras, pequenos ramos e frutos (se presentes): (Cacau) 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma". Troncos: (Cacau) 5 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 5 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 5 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 5 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (20 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 1 plantas na linha 3; 1 plantas na linha 8; 1 plantas na linha 13 (3 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma", obtendo, entretanto, 10 amostras no total. Margaridão, Milheto e Feijão Guandu: Lançar aleatoriamente (10 vezes dentro de cada faixa diversificada - 30 lançamentos no total) um gabarito de madeira com dimensões de 1,5m x 1,5m.

Teor de micronutrientes por espécie 1º a 5º ano: Anual; 5º a 10º ano: de 2 a 3 anos; 10º a 20º ano: de 3 a 5 anos; 20º a 25º ano: de 2 a 3 anos.	Folhas maduras, pequenos ramos e frutos (se presentes): (Cacau) 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma". Troncos: (Cacau) 5 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 5 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 5 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 5 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (20 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 1 plantas na linha 3; 1 plantas na linha 8; 1 plantas na linha 13 (3 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma", obtendo, entretanto, 10 amostras no total. Margaridão, Milheto e Feijão Guandu: Lançar aleatoriamente (10 vezes dentro de cada faixa diversificada - 30 lançamentos no total) um gabarito de madeira com dimensões de 1,5m x 1,5m.
Ocorrências fitossanitárias Frequência anual de incidência de pragas, doenças acima do NDE 3º a 25º ano: Mensal	Cacau: Caminhar nas linhas 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13 e 15 das faixas diversificadas e nas 2 Pilhas de Folhas; Eucalipto e andiroba: Caminhar nas linhas 3, 8, 13 das faixas diversificadas. Verificar simultaneamente a linha de andiroba e as linhas laterais de eucalipto; Palma-de-óleo: Caminhar nas linhas 1, 3, 6, e 8 das faixas de palma.

Matéria seca	Matéria seca por espécie	1º a 5º ano: Anual; 6º a 25º ano: Bianual.	Folhas maduras, pequenos ramos e frutos (se presentes): (Cacau) 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma". Troncos: (Cacau) 5 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 5 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 5 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 5 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (20 plantas no total); (Eucalipto) 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); (Andiroba) 1 plantas na linha 3; 1 plantas na linha 8; 1 plantas na linha 13 (3 plantas no total); (Palma-de-óleo) Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma", obtendo, entretanto, 10 amostras no total. Margaridão, Milheto e Feijão Guandu: Lançar aleatoriamente (10 vezes dentro de cada faixa diversificada - 30 lançamentos no total) um gabarito de madeira com dimensões de 1,5m x 1,5m.
	DAP	2º a 25º ano: Avaliação anual	Cacau: 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); Eucalipto: 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); Andiroba: 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total). Palma-de-óleo: Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma".
Biometria	Altura Total	2º a 25º ano: Avaliação anual	Cacau (escolhidas aleatoriamente): 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total); Eucalipto (escolhidas aleatoriamente): 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total); Andiroba (escolhidas aleatoriamente): 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total). Palma-de-óleo: Obter resultados a partir do indicador "Biometria da Palma".

	Mortalidade	1º a 25º ano: Avaliação anual	Andiroba e Eucalipto: Amostrar nas linhas 3, 8 e 13 na faixa diversificada o número de plantas mortas e o número de plantas vivas; Cacau: Amostrar nas linhas 3, 5, 8, 11 e 13 na faixa diversificada e também nas pilhas de folhas nas faixas de palma o número de plantas mortas e o número de plantas vivas; Palma-de-óleo: Amostrar nas linhas 1 e 8 na faixa de palma e também nas pilhas de folhas nas faixas de palma o número de plantas mortas e o número de plantas vivas. Nota: as linhas 5 e 11 da faixa diversificada, podem ser amostradas em conjunto com as linhas 1 e 8 da faixa de palma respectivamente.
	Biometria da Palma	1º a 25º ano: Avaliação anual	10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, 4, 5 ou e/ou 8 na Faixa de Palma; 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 2, 3, 6 e/ou 7 na Faixa de Palma. (20 plantas no total - Verificar Diagrama Experimental)
Estudo de produção - Palma	Sazonalidade na produção	3º a 25º: Mensal	3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (12 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental)
	Maturação do fruto	3º a 25º: Mensal	3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (12 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental)
Estudo de produção - Sistema	Eficiência produtiva - Cacau	3º a 25º: Mensal no pico anual da fase produtiva	Cacau (escolhidas aleatoriamente): 10 plantas nas linhas 5, 6 e 11; 10 plantas nas linhas 2, 9 e 14; 10 plantas nas linhas 4, 7 e 12; 10 plantas nas pilhas de folhas na faixa de palma (40 plantas no total).
	Eficiência produtiva - eucalipto	1º a 9º: no 3º, 6º e 9º ano	Eucalipto (escolhidas aleatoriamente): 10 plantas nas linhas 2 e 4; 10 plantas nas linhas 7 e 9; 10 plantas nas linhas 12 e 14 (30 plantas no total).
	Eficiência produtiva - Andiroba	5º a 25º: Mensal no pico anual da fase produtiva	Andiroba (escolhidas aleatoriamente): 3 plantas na linha 3; 3 plantas na linha 8; 3 plantas na linha 13 (9 plantas no total).

	Pesagem de frutos	Peso CFF e Fruto Solto	3º a 25º: Mensal	3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 3 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (12 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental)
	Potencial e identidade do óleo	Potencial do óleo de Palma	3º a 5º ano: Anual; 5º a 20º ano: Semestral; 20º a 25º ano: Anual.	7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (28 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental) (Proceder a amostragem para análise de acordo com RO-CQOP-009).
		Identidade do óleo de Palma	3º a 5º ano: Anual; 5º a 20º ano: Semestral; 20º a 25º ano: Anual.	7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (28 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental) (Proceder a amostragem para análise de acordo com RO-CQOP-009).
	Análise nutricional do fruto	Análise nutricional do óleo de Palma	3º a 5º ano: 1 avaliação; 5º a 15º ano: 1 avaliação; 15º a 20º ano: 1 avaliação; 20º a 25º ano: 1 avaliação.	7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 1, na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 3 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 6 na Faixa de Palma; 7 plantas escolhidas aleatoriamente dentro das linhas 8 na Faixa de Palma. (28 plantas no total por repetição de cada tratamento - Verificar Diagrama Experimental) (Proceder a amostragem para análise de acordo com RO-CQOP-009).
Econômica	Custo de produção	Custo com maquinário próprio	Anual	Devem ser levantados todos os itens que compõem este item de custo de forma a obtê-lo por repetição de cada tratamento.
		Custo com maquinário terceiro	Anual	Devem ser levantados todos os itens que compõem este item de custo de forma a obtê-lo por repetição de cada tratamento.
		Custo com mão de obra	Anual	Devem ser levantados todos os itens que compõem este item de custo de forma a obtê-lo por repetição de cada tratamento.

	Custo com insumos	Anual	Devem ser levantados todos os itens que compõem este item de custo de forma a obtê-lo por repetição de cada tratamento.
Receitas	Receita total do sistema	Bianual ou Triannual	Devem ser levantados todos os itens que compõem esta fonte de forma a obtê-la por repetição de cada tratamento.
	Receita por espécie	Bianual ou Triannual	Devem ser levantados todos os itens que compõem esta fonte de forma a obtê-la por repetição de cada tratamento.
Avaliações financeiras	VPL	Bianual ou Triannual	Obter a partir do levantamento completo de custos e receitas.
	VAE	Bianual ou Triannual	Obter a partir do levantamento completo de custos e receitas.
	TIR	Bianual ou Triannual	Obter a partir do levantamento completo de custos e receitas.
	Payback	Bianual ou Triannual	Obter a partir do levantamento completo de custos e receitas.

APÊNDICE L

Quadro 1: Descrição dos 45 indicadores escolhidos para o monitoramento e referências para consulta detalhada sobre o método de coleta e interpretação do resultado

Indicador	Descrição	Referência
Índice S	O Índice S é obtido a partir da análise da curva de retenção de água no solo, também conhecida como curva de retenção de umidade ou curva de retenção hídrica do solo. Esta análise envolve a determinação da relação entre o conteúdo de água no solo (umidade) e a tensão de água (potencial matricial) em diferentes níveis de sucção. A análise pode ser realizada em laboratórios de análise de solo de médio porte. Fornece informações críticas sobre a capacidade do solo de reter água em diferentes condições de umidade, o que está diretamente relacionado à qualidade física do solo e à sua capacidade de suportar o crescimento das plantas, infiltração de água e resistência à compactação.	(Dexter, 2004)
Índice de Compactação	O Índice de Compactação do solo é uma métrica utilizada para avaliar o grau de compactação do solo em comparação com uma densidade considerada ideal ou de referência para o mesmo tipo de solo. Ele pode ser calculado a partir da densidade aparente do solo.	(Gomes et al., 2024) (Håkansson e Lipiec, 2000)
Textura	A textura do solo refere-se às proporções de partículas de areia, silte e argila no solo. Os grupos areia, areia argilosa e franco-arenosa são subdivididos dependendo das proporções de areia presentes. O "triângulo de textura do solo" do USDA (Departamento de Agricultura dos EUA) é usado para determinar a classe textural do solo com base nas proporções relativas de areia, silte e argila. A textura e a estrutura do solo são propriedades únicas que terão um efeito profundo em seu comportamento, como capacidade de retenção de água, retenção e fornecimento de nutrientes, drenagem e lixiviação de nutrientes.	(Agropalma S/A, 2024) (Filizola, Gomes e Souza, 2006)
Estrutura	A estrutura do solo descreve o arranjo das partes sólidas do solo (areia, silte, argila) e o espaço poroso localizado entre elas. Partículas únicas, quando combinadas, aparecem como partículas ou agregados maiores. Eles são mantidos juntos por argila úmida, matéria orgânica, gomas (de bactérias e fungos) e hifas fúngicas.	(Agropalma S/A, 2024) (Filizola, Gomes e Souza, 2006)

Infiltração	Infiltração do solo é o processo pelo qual a água penetra no solo a partir da superfície, movendo-se através dos poros e espaços entre os agregados. A taxa de infiltração depende de fatores como a textura do solo, a estrutura, a vegetação e a quantidade de água já presente no solo. A maneira com que os agregados estão organizados determina os espaços entre eles, portanto, uma estrutura bem agregada cria poros maiores e mais interconectados, facilitando a passagem da água, enquanto uma estrutura compacta reduz esses espaços e dificulta a passagem da água. Além disso, a proporção de areia, silte e argila do solo também desempenha um papel crucial. Solos arenosos, com grãos maiores, apresentam maior capacidade de infiltração, enquanto solos argilosos, com grãos menores, tendem a se compactar, formando barreiras que dificultam esse processo.	(Agropalma S/A, 2024) (Filizola, Gomes e Souza, 2006)
Estabilidade de Agregados	Os agregados do solo variam de 0,002 mm a 2,00 mm. Eles podem se assemelhar a várias formas, como granular, em blocos e miolo. Essas formas variadas permitem que o solo saudável tenha espaços porosos para o ar e a água necessários para o crescimento saudável das plantas. Os agregados são formados por meio de atividades físicas, químicas e biológicas. Solos bem agregados geralmente têm maior saúde do solo, garantem melhor produtividade agrícola e desempenham um papel vital no sequestro de carbono do solo.	(Agropalma S/A, 2024) (Papadopoulos, 2011)
Quociente Metabólico (qCO ₂)	O quociente metabólico (qCO ₂) é uma medida da eficiência com que a biomassa microbiana do solo utiliza o carbono disponível. Ele é calculado como a razão entre a respiração microbiana (liberação de CO ₂) e a biomassa microbiana. Ambos os indicadores, a biomassa microbiana e o qCO ₂ , são essenciais para entender a saúde microbiológica do solo em sistemas como os SAFs, onde a interação entre as plantas e os microrganismos do solo é fundamental para a sustentabilidade do sistema.	(Anderson e Domsch, 1990) (Agropalma S/A, 2024) (Mendonça e Matos, 2005)
Umidade do Solo	A umidade do solo é a quantidade de água presente no solo em relação ao volume total do solo. pode ser medida em diferentes profundidades e é um fator crucial para a disponibilidade de água às plantas, influenciando processos como a infiltração, a evapotranspiração e a dinâmica de nutrientes. Métodos de medição incluem a utilização de tensiômetros, sonda de umidade e pesagem de amostras de solo.	(Teixeira, 2017)
C.E. do Solo	A condutividade elétrica é a capacidade que um material possui em conduzir corrente elétrica, e uma das suas utilidades na agricultura provém do fato de que a massa do solo com sua variabilidade na composição físico-química apresenta diferentes níveis de condutividade elétrica (CE). Para mensurar a CE, geralmente são utilizados o sistema de indução eletromagnética e o de contato direto.	(Teixeira, 2017)

Taxa de decomposição de MO (Litter bag)	A taxa de decomposição da MO, ou seja, a perda de massa da matéria orgânica ao longo do tempo é um indicador direto da taxa de decomposição e, por consequência, da mineralização.	(Almeida, 2020) (Santos e Camargo, 1999)
Mineralização de N e P na MO (Litter bag)	Litter bags (ou "sacos de decomposição") são uma ferramenta eficaz para monitorar a mineralização da matéria orgânica em ecossistemas como os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Eles são amplamente utilizados em estudos ecológicos para avaliar a taxa de decomposição de resíduos vegetais, como folhas, galhos e outros detritos orgânicos, no solo. Análises químicas do material restante nos sacos podem revelar a quantidade de nutrientes (como nitrogênio e fósforo) que foi mineralizada.	(Almeida, 2020) (Santos e Camargo, 1999)
COT no solo	O carbono no solo (Carbono orgânico total - COT) é medido diretamente coletando amostras de solo em diferentes profundidades e locais dentro da área do projeto. As amostras são então analisadas em laboratório para determinar o conteúdo de carbono orgânico.	(Ramos <i>et al.</i> , 2017)
C acima do solo	Inclui medições diretas da biomassa acima do solo, como o diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores, altura das árvores, e volume da copa. Essas medições são usadas para estimar a quantidade de carbono armazenada na biomassa aérea através de equações alométricas específicas para cada espécie ou grupo de espécies. A quantificação do carbono estocado na biomassa aérea envolve a utilização de modelos alométricos, que são fórmulas matemáticas usadas para estimar a biomassa total das plantas a partir de medidas fáceis de coletar, como diâmetro à altura do peito (DAP) e altura da árvore.	(Higuchi <i>et al.</i> , 1998) (Corley e Tinker, 2015) (Brancher, 2010) (Chave <i>et al.</i> , 2006)
C abaixo do solo	Envolve a biomassa subterrânea (raízes) que embora seja mais difícil de medir diretamente, pode ser estimada indiretamente a partir da biomassa aérea usando relações conhecidas (razão raiz/caule). No entanto, em alguns casos, pode ser necessário realizar escavações e amostragens diretas das raízes, especialmente para validar as estimativas.	(Carvalho <i>et al.</i> , 2014)
C na serapilheira	A serapilheira depositada no solo (folhas, galhos, etc.) pode ser coletada em parcelas permanentes, seca e pesada para calcular a quantidade de carbono que está sendo adicionada ao solo. As métricas de C descritas acima pode ser obtida por medição direta ou estimadas por medição indireta.	(Brancher, 2010)

% de Flores Fêmeas (Sex Ratio) - Palma	O sex ratio da Palma-de-óleo consiste na proporção entre o número de inflorescências femininas e o número de inflorescências masculinas em uma planta ou plantação, em um determinado período de tempo, tratando-se de um importante indicador da produção de frutos. Uma porcentagem maior de flores femininas é desejável, pois influencia diretamente a frutificação e o rendimento da Palma-de-óleo.	(Corley e Tinker, 2015) (Agropalma S/A, 2022)
% de Inflorescências Abortadas - Palma	O aborto de inflorescência se refere ao término prematuro do desenvolvimento da flor, o que pode levar a uma redução no número de frutos produzidos. Isso é crítico para o cultivo da Palma-de-óleo, pois pode reduzir significativamente o número de frutos viáveis, diminuindo assim o rendimento geral de óleo. O aborto da inflorescência pode ocorrer em vários estágios do desenvolvimento da flor, logo, entender esses estágios é essencial para identificar quando intervenções podem ser necessárias para reduzir as taxas de aborto e melhorar as práticas de manejo.	(Corley e Tinker, 2015) (Agropalma S/A, 2022)
Índice de Qualidade Química do Solo-IQS	Obtido de acordo com Amacher; O'neil e Perry, (2007) utilizado e adaptado em SAFsS por Nunes et al., (2022); Utiliza os seguintes parâmetros: pH; P (mg/kg); S (mg/kg); K (mg/kg); Ca (cmolc/kg); Mg (cmolc/kg); Al (cmolc/kg); MO (%); B (mg/kg); Cu (DTPA; mg/kg); Fe (DTPA; mg/kg); Mn (DTPA; mg/kg); Zn (DTPA; mg/kg); CTC (cmolc/kg); V (%); m (%); Argila (g/kg). Estes parâmetros, obtidos a partir de uma análise de solo são utilizados para o cálculo de um indicador.	(Nunes S. et al., 2022)
Teor de macronutrientes por espécie	A caracterização química do tecido vegetal das espécies vegetais que compõem um SAFs envolve a análise de diversos indicadores que permitem entender a composição química e a qualidade dos tecidos, especialmente em termos de nutrientes, compostos orgânicos, e outros componentes químicos. Dentre estes podemos destacar: N, P, K, Ca, Mg e S.	(Agropalma S/A, 2024)
Teor de micronutrientes por espécie	A caracterização química do tecido vegetal das espécies vegetais que compõem um SAFs envolve a análise de diversos indicadores que permitem entender a composição química e a qualidade dos tecidos, especialmente em termos de nutrientes, compostos orgânicos, e outros componentes químicos. . Dentre estes podemos destacar: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo.	(Agropalma S/A, 2024)

Frequência anual de incidência de pragas, doenças acima do NDE	Refere-se ao número de vezes que determinadas pragas surgem ou causam danos durante um ano em uma área agrícola específica. Devem ser contabilizados para o cálculo deste indicador ocorrências/eventos de pragas, doenças e anomalias que indiquem necessidade de controle, ou seja, eventos acima do nível de dano econômico. Para a Palma-de-óleo, manter a metodologia e frequência de medição utilizados no procedimento de rotina para avaliação de pragas e doenças (Visita Fitossanitária - RO-GFIT-014). Para as demais culturas, pode-se utilizar o mesmo procedimento e padrão de amostragem com especial atenção às seguintes ocorrências:	(Agropalma S/A, 2021) (Oliveira e Luz, 2005) (Alfenas <i>et al.</i> , 2009)
Matéria seca por espécie	O indicador de matéria seca é geralmente expresso como a relação entre o peso seco e o peso fresco da amostra. A coleta deve incluir partes representativas da planta, como folhas, ramos e, em alguns casos, troncos e frutos, que contribuem significativamente para a biomassa. Após a coleta, as amostras devem ser pesadas frescas e, em seguida, secas em estufa a 65-70°C até peso constante, um processo que pode levar até 72 horas. A relação entre peso seco e peso fresco (equação acima) fornece a proporção de matéria seca, e esses dados podem ser extrapolados para calcular a produção de matéria seca por hectare no SAFs. Para tronco Em cada amostra deve ser realizada a amostragem de material lenhoso por meio do uso do trado/sonda de Pressler, introduzido perpendicularmente ao tronco em direção a medula (Imaña-Encinas <i>et al.</i> 2005).	(Brancher, 2010) (Corley e Tinker, 2015) (Imaña-Encinas, Silva e Pinto, 2005)
DAP	DAP, Medida do diâmetro da árvore a 1,30 metro de altura em relação ao nível do solo. É crucial para calcular o volume, a biomassa e a capacidade de carbono das árvores, bem como para realizar inventários florestais e monitorar o crescimento.	(Campos e Leite, 2009)
Altura Total	Altura total seria a altura desde o solo até o ponto mais alto da planta.	(Campos e Leite, 2009)
Mortalidade	Mortalidade se refere ao percentual de plantas mortas em relação à densidade de plantio da cultura no SAFs.	(Campos e Leite, 2009)
Biometria da Palma	A biometria na palma é determinada através da mensuração quantitativa de amostras coletadas em experimentos de campo. Para isso as informações coletadas são: Mensuração da Altura da palma, diâmetro do coleto, comprimento do ráquis, comprimento do Pecíolo, secção transversal do pecíolo, taxa de produção foliar anual, o número de folíolos e comprimento médio dos folíolos no terço médio da folha.	(Corley e Tinker, 2015)

Sazonalidade na produção	A sazonalidade da produção da Palma-de-óleo refere-se às variações na quantidade de frutos e óleo ao longo das diferentes fases do desenvolvimento da planta, desde o plantio até os períodos de plena produção e declínio. Essas flutuações são influenciadas tanto pelo estágio de crescimento da palma quanto pelas condições ambientais, como precipitação, luz solar e temperatura.	(Woittiez <i>et al.</i> , 2017) (Agropalma S/A, 2022)
Maturação do fruto	A alteração na cor é um dos principais sinais de maturação do fruto da Palma-de-óleo. Durante o estágio imaturo, os frutos apresentam tonalidades que variam do verde-claro ao roxo, evoluindo para um vermelho-alaranjado quando atingem a fase madura. Para a Palma-de-óleo a diferenciação floral ocorre, aproximadamente, 12 meses após a emissão do primórdio floral, enquanto a antese ocorre após 27 meses. O desenvolvimento do fruto, desde a polinização até sua maturação completa, geralmente ocorre ao longo de 5 a 6 meses após a antese.	(Agropalma S/A, 2022) (Corley e Tinker, 2015)
Eficiência produtiva - Cacau	O Fator de Eficiência Produtiva (FEP) é um indicador que mensura a quantidade de frutos maduros e saudáveis produzidos por cada planta, sendo crucial para avaliar a produtividade do cultivo. Esse parâmetro está diretamente relacionado ao potencial de colheita e ao rendimento da produção, portanto, a análise do FEP é fundamental para orientar decisões estratégicas, visando otimizar a produção e mitigar fatores que possam comprometer os resultados. Adicionalmente para o cacau, ao indicador de eficiência produtiva com base na contagem de frutos frescos de cacau, podem ser obtidos os indicadores: eficiência produtiva em termos de kg de cacau/andiroba frescos colhidos (FEP kg de fruto fresco); eficiência produtiva em termos de kg de andiroba beneficiado (FEP kg de amêndoa de andiroba) e eficiência produtiva em termos de kg de Cacau beneficiado para a fase de fermentação (FEP kg de massa de cacau) e secagem (FEP kg amêndoas de cacau). Estes são indicadores para avaliar a produtividade e rendimento do cacau e andiroba podendo ser utilizados conforme decisão da empresa.	(Santos Filho, 2022)
Eficiência produtiva - eucalipto	A eficiência produtiva no eucalipto será mensurada a partir do DAP e altura total até o diâmetro mínimo de 4 cm. A partir deste valor, o número de estacas de 0,8 m poderá ser contabilizado por árvore e estimada por hectare.	(Campos e Leite, 2009)
Eficiência produtiva - Andiroba	O Fator de Eficiência Produtiva (FEP) é um indicador que mensura a quantidade de frutos maduros e saudáveis produzidos por cada planta, sendo crucial para avaliar a produtividade do cultivo. Esse parâmetro está diretamente relacionado ao potencial de colheita e ao rendimento da produção, portanto, a análise do FEP é fundamental para orientar decisões estratégicas, visando otimizar a produção e mitigar fatores que possam comprometer os resultados.	(Santos Filho, 2022)

Peso CFF e Fruto Solto	O peso do cacho se refere ao peso total dos cachos de frutas produzidos pela Palma-de-óleo. É um parâmetro crítico, pois influencia diretamente o rendimento geral do óleo e a viabilidade econômica do cultivo de dendezeiros. CFF (Cacho de Fruto Fresco) da Palma-de-óleo refere-se ao aglomerado de frutos recém-colhidos que ainda não passaram por nenhum processamento.	(Agropalma S/A, 2022) (Corley e Tinker, 2015)
Potencial do óleo de Palma	O potencial do óleo, também denominado potencial de extração, consiste no volume de óleo que o cacho de fruto fresco contém.	(Agropalma S/A, 2022) (Corley e Tinker, 2015)
Identidade do óleo de Palma	A identidade do óleo de palma é definida por sua ampla faixa de ponto de fusão, o teor de gordura sólida em diferentes temperaturas, seu perfil de ácidos graxos, comportamento de cristalização, viscosidade e densidade. Esses fatores são determinantes para sua funcionalidade e versatilidade na indústria.	(Corley e Tinker, 2015)
Análise nutricional do óleo de Palma	Análise realizada externamente para determinar o perfil nutricional do óleo extraído.	(Corley e Tinker, 2015)
Custo com maquinário próprio	Refere-se aos custos relacionados ao maquinário próprio utilizado em atividades durante o ciclo de produção. Devem ser levantados todos os itens que compõem este item de custo de forma a obtê-lo por repetição de cada tratamento, incluindo dados detalhados e sistemáticos que envolvem todas as atividades e operações relacionadas ao uso, manutenção e depreciação do maquinário.	(Bordeaux-Rêgo <i>et al.</i> , 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
Custo com maquinário terceiro	Envolve os custos associados à contratação de serviços de maquinário de terceiros, como tratores, colheitadeiras ou outros equipamentos especializados. Esse indicador considera os custos diretos de aluguel e prestação de serviços relacionados	(Bordeaux-Rêgo <i>et al.</i> , 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
Custo com mão de obra	Refere-se aos gastos com contratação de trabalhadores, tanto permanentes quanto temporários, envolvidos nas atividades executadas ao longo de todo o ciclo de produção. Para calcular o custo da mão de obra é preciso considerar o tipo de atividade, o rendimento das atividades (ha/diária ou t/ha) e a frequência anual de cada atividade. Além disso, é preciso considerar a variação nos salários diurno e noturno, visto que o custo por diária de trabalho noturno (R\$.diária ⁻¹) tende a ser maior, devido aos encargos legais (adicional noturno).	(Bordeaux-Rêgo <i>et al.</i> , 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)

Custo com insumos	Os custos com insumos em um sistema agroflorestal incluem diferentes tipos de mudas, fertilizantes, defensivos e materiais utilizados no manejo. Esses custos variam com o preço unitário e a quantidade utilizada por hectare, além da frequência de aplicação ou plantio ao longo do ano. A seguir está uma descrição dos diferentes itens e respectivas informações para o cálculo de todos os custos com insumos, devendo tais informações serem levantadas separadamente para cada repetição de cada arranjo de SAFs (B9 e A1), bem como para cada repetição da Palma-de-óleo em monocultivo orgânico.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
Receita total do sistema	A receita total de um sistema agroflorestal pode ser definida como o valor monetário total obtido a partir da combinação de produtos gerados por esse sistema, em determinado período, a partir do rendimento de culturas agrícolas, frutas, madeira, produtos não madeireiros e outros produtos oriundos das espécies arbóreas e herbáceas cultivadas. Para estimar a receita total de um sistema, é necessário calcular a produção de cada espécie ao longo do ciclo de cultivo, utilizando equações ajustadas ou dados diretos. Além da estimativa da produtividade média de cada espécie, é fundamental determinar o valor médio de mercado para cada produto gerado pelo sistema, o que requer uma análise de mercado na região em questão. Com esses dados em mãos, pode-se calcular a receita total utilizando a seguinte abordagem: multiplica-se a produtividade média de cada planta da espécie em questão, pela sua respectiva densidade de plantas por hectare e pelo preço médio de mercado.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
Receita por espécie	A receita de cada espécie que compõe um dado sistema agroflorestal pode ser definido como o valor monetário total obtido a partir dos produtos gerados pela espécie em questão, em determinado período. Para estimar a receita proveniente de determinada espécie, é necessário calcular sua produção ao longo do ciclo de cultivo, utilizando equações ajustadas ou dados diretos. Além da estimativa da produtividade média da espécie, é fundamental determinar o valor médio de mercado de seus produtos, o que requer o estudo de mercado na região em questão. Com esses dados em mãos, pode-se calcular a receita utilizando a seguinte abordagem: multiplica-se a produtividade média de cada planta da espécie em questão, pela sua respectiva densidade de plantas por hectare e pelo preço médio de mercado.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
VPL	O Valor Presente Líquido (VPL) é um método de avaliação financeira que calcula o valor presente de uma série de fluxos de caixa futuros gerados por um projeto, descontados a uma taxa de retorno específica. O VPL é usado para determinar a viabilidade econômica de um investimento ou projeto, considerando o valor do dinheiro no tempo.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
VAE	O Valor anual equivalente (VAE) é o VPL ou valor atual do projeto, transformado em fluxo de custos e receitas periódicos e contínuos, durante a vida útil do projeto. O VAE se mostra viável a partir de valores maiores do que zero.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)

TIR	Taxa interna de retorno (TIR) é uma taxa utilizada para antecipar os valores gerados no fluxo de caixa, ou seja, iguala o valor do VPL a zero. Sendo assim, quando a $TIR > TMA$, o projeto é atrativo economicamente.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)
Payback	É uma métrica que calcula o tempo necessário para recuperar o investimento. O Payback simples não considera o valor do dinheiro no tempo.	(Bordeaux-Rêgo et al., 2013) (Gonçalves, 2021) (Virgens, Freitas e Leite, 2016)

ANEXO A

Quadro 1: Espécies potenciais para inclusão no projeto presentes nos arranjos SAFs da revisão de literatura

Artigo	Espécies Presentes		
Silva et al., (2018) - SAFs3	<i>Cedrela spp.</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Manihot esculenta</i> <i>Passiflora spp.</i>	<i>Musa spp.</i> <i>Piper spp.</i>
Silva et al., (2018) - SAFs2	<i>Calophyllum brasiliensis</i> <i>Musa spp.</i> <i>Tabebuia spp.</i>	<i>Euterpe oleracea</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Manihot esculenta</i> <i>Sclerolobium paniculatum</i>
Silva et al., (2018) - SAFs1	<i>Euterpe oleracea</i> <i>Musa spp.</i> <i>Tabebuia spp.</i>	<i>Hymenaea courbaril</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Manihot esculenta</i> <i>Pentaclethra macroloba</i> <i>Virola surinamensis</i>
Santiago et al., (2013)	<i>Cajanus cajan</i> <i>Crotalaria juncea</i> <i>Inga edulis</i> <i>Musa spp.</i> <i>Tabebuia spp.</i>	<i>Calophyllum brasiliensis</i> <i>Euterpe oleracea</i> <i>Manihot esculenta</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Canavalia ensiformis</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Mucuna cinereum</i> <i>Sclerolobium paniculatum</i> <i>Tithonia diversifolia</i>
Rocha et al., (2020)	<i>Ananas comosus</i>	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Musa spp.</i>
Ramos et al., (2017)	<i>Capsicum spp.</i> <i>Musa spp.</i>	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Spondias mombin</i>	<i>Inga edulis</i> <i>Swietenia macrophylla</i>
	<i>Theobroma cacao</i>		

Oliveira et al., (2022)	<i>Acacia mangium</i> <i>Carapa guianensis</i> <i>Inga edulis</i> <i>Oenocarpus mapora</i> <i>Tabebuia spp.</i>	<i>Adenanthera pavonina</i> <i>Euterpe oleracea</i> <i>Jacaranda copaia</i> <i>Sclerolobium paniculatum</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Calophyllum brasiliense</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Mangifera indica</i> <i>Spondias lutea</i> <i>Theobroma grandiflorum</i>
Nchanji et al., (2016)	<i>Arachis hypogaea</i> <i>Citrullus lanatus</i> <i>Manihot esculenta</i> <i>Solanum melanocerasum</i>	<i>Zea mays</i> <i>Colocasia esculenta</i> <i>Musa acuminata</i>	<i>Amaranthus hybridus</i> <i>Dioscorea spp.</i> <i>Musa paradisiaca</i>
Masure et al. (2023)	<i>Arachis hypogaea</i> <i>Inga edulis</i> <i>Mucuna spp.</i> <i>Pueraria phaseoloides</i>	<i>Cajanus cajan</i> <i>Ipomoea batatas</i> <i>Musa spp.</i> <i>Vigna unguiculata</i>	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Manihot esculenta</i> <i>Ormosia arborea</i> <i>Zea mays</i>
Masure (2021) - SAFs3	<i>Citrus maxima</i> <i>Annona muricata</i> <i>Citrus reticulata</i> <i>Dacryodes edulis</i> <i>Persea americana</i>	<i>Akpi ricinodendron</i> <i>Cajanus cajan</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Irvingia gabonensis</i>	<i>Ananas comosus</i> <i>Citrus limon</i> <i>Coffea canephora</i> <i>Mangifera indica</i>
Masure (2021) - SAFs2	<i>Citrus maxima</i> <i>Citrus limon</i> <i>Dacryodes edulis</i>	<i>Arachis hypogaea</i> <i>Citrus reticulata</i> <i>Mangifera indica</i>	<i>Citrullus spp.</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Manihot esculenta</i>

	<i>Musa spp.</i> <i>Xanthosoma sagittifolium</i>	<i>Persea americana</i> <i>Zea mays</i>	<i>Theobroma cacao</i>
Masure (2021) - SAFs1	<i>Arachis hypogaea</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Citrullus spp.</i> <i>Zea mays</i>	<i>Musa spp.</i>
Maia et al., (2021) - SAFs5	<i>Bixa orellana</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Spondias lutea</i> <i>Inga edulis</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Acacia mangium</i> <i>Platonia insignis</i> <i>Theobroma grandiflorum</i>
Maia et al., (2021) - SAFs4	<i>Adenanthera pavonina</i> <i>Acacia mangium</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Mangifera indica</i>	<i>Bixa orellana</i> <i>Carapa guineenses</i> <i>Inga edulis</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Spondias lutea</i> <i>Euterpe oleracea</i> <i>Lecythis pisonis</i> <i>Theobroma grandiflorum</i>
Maia et al., (2021) - SAFs3	<i>Inga edulis</i> <i>Acacia mangium</i> <i>Carapa guineenses</i> <i>Jacaranda copaia</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Mangifera indica</i> <i>Adenanthera pavonina</i> <i>Euterpe oleracea</i> <i>Sclerolobium paniculatum</i> <i>Theobroma grandiflorum</i>	<i>Spondias lutea</i> <i>Calophyllum brasiliensis</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Tabebuia spp.</i>
Maia et al., (2021) - SAFs2	<i>Adenanthera pavonina</i> <i>Euterpe oleracea</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Bertholletia excelsa bonpl</i> <i>Inga edulis</i> <i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Carapa guineenses</i> <i>Mangifera indica</i> <i>Tabebuia spp.</i>
Maia et al., (2021) - SAFs1	<i>Carapa guineenses</i> <i>Tabebuia spp.</i>	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Inga edulis</i>

Lacerda et al., (2013) - SAFs3	<i>Cedrela odorata</i> <i>Oenocarpus bacaba</i> <i>Theobroma cacao</i>	<i>Euterpe oleracea</i> <i>Platonia insignis</i>	<i>Inga edulis</i> <i>Spondias lutea</i>
Lacerda et al., (2013) - SAFs2	<i>Cajanus cajan</i> <i>Manihot esculenta</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Crotalaria spectabilis</i>
Lacerda et al., (2013) - SAFs1	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Crotalaria spectabilis</i>
Khokthong et al., (2019)	<i>Archidendron pauciflorum</i> <i>Parkia speciosa</i>	<i>Durio zibethinus</i> <i>Peronema canescens</i>	<i>Dyera polyphylla</i> <i>Shorea leprosula</i>
Khasanah et al., (2020)	<i>Capsicum spp.</i>	<i>Theobroma cacao</i>	
Furcal-Beriguete et al., (2023)	<i>Cordia megalantha</i>	<i>Musa spp.</i>	<i>Theobroma cacao</i>
Costa, (2024)	<i>Theobroma cacao</i>		
Budiadi et al., (2019) - SAFs3	<i>Ananas muricata</i> <i>Parkia speciosa</i>	<i>Dyera costulata</i>	<i>Hevea brasiliensis</i>
Budiadi et al., (2019) - SAFs2	<i>Falcataria molucana</i>		
Budiadi et al., (2019) - SAFs1	<i>Shorea spp.</i>		
Aiyelaagbe et al., (1998)	<i>Discorea alata</i>	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Musa spp.</i>
Ahirwa et al., (2022)	<i>Ananas comosus</i>	<i>Curcuma longa</i>	<i>Zea mays</i>
Koussihouèdé et al., (2020)	<i>Vigna unguiculata</i> <i>Carica papaya</i> <i>Musa spp.</i>	<i>Ananas comosus</i> <i>Citrullus lanatus</i> <i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Capsicum annum</i> <i>Manihot esculenta</i> <i>Zea mays</i>

Fonte: Vários Autores.

ANEXO B

Tabela 1: Incremento volumétrico anual em madeira utilizado para obtenção do volume total por árvore ao final do 25º ano para as espécies madeireiras.

Idade (anos)	Peroba (<i>A. polyneuron</i>)	Ipê-amarelo (<i>Tabebuia sp.</i>)	Andiroba (<i>C. guianensis</i>)	Castanha (<i>B. excelsa</i>)	Unidade
1	0,003	0,005	0,011	0,012	m³/arv.ano
2	0,006	0,010	0,022	0,024	m³/arv.ano
3	0,009	0,015	0,033	0,036	m³/arv.ano
4	0,012	0,020	0,044	0,048	m³/arv.ano
5	0,015	0,025	0,055	0,060	m³/arv.ano
6	0,018	0,030	0,066	0,072	m³/arv.ano
7	0,021	0,035	0,077	0,084	m³/arv.ano
8	0,024	0,040	0,088	0,096	m³/arv.ano
9	0,027	0,045	0,099	0,108	m³/arv.ano
10	0,03	0,050	0,110	0,120	m³/arv.ano
11	0,033	0,055	0,121	0,132	m³/arv.ano
12	0,036	0,060	0,132	0,144	m³/arv.ano
13	0,039	0,065	0,143	0,156	m³/arv.ano
14	0,042	0,070	0,154	0,168	m³/arv.ano
15	0,045	0,075	0,165	0,180	m³/arv.ano
16	0,048	0,080	0,176	0,192	m³/arv.ano
17	0,051	0,085	0,187	0,204	m³/arv.ano
18	0,054	0,090	0,198	0,216	m³/arv.ano
19	0,057	0,095	0,209	0,228	m³/arv.ano
20	0,06	0,100	0,220	0,240	m³/arv.ano
21	0,063	0,105	0,231	0,252	m³/arv.ano
22	0,066	0,110	0,242	0,264	m³/arv.ano
23	0,069	0,115	0,253	0,276	m³/arv.ano
24	0,072	0,120	0,264	0,288	m³/arv.ano
25	0,075	0,125	0,275	0,300	m³/arv.ano
Soma	0,975	1,625	3,575	3,900	m³/arv.

Fonte: Assad et al., 2020; Chave et al., 2006; Oliveira et al., 2012; Pereira, 2020.