



Universidade de Brasília (UnB)

Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

**DA AGROFLORESTA AO MONOCULTIVO: A INTENSIFICAÇÃO DO CULTIVO DE
CACAU NO PARÁ**

Victor da Silva Araujo

Brasília,

2025

Universidade de Brasília (UnB)
Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

**DA AGROFLORESTA AO MONOCULTIVO: A INTENSIFICAÇÃO DO CULTIVO DE
CACAU NO PARÁ**

Victor da Silva Araujo

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-
Graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável
da Universidade de Brasília como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Mestre em
Desenvolvimento Sustentável

Orientador: Frédéric Mertens

Coorientador: Andrei Cechin Domingues

Brasília

2025

Dedicatória

Agradeço à minha companheira, Adriana, que me apoiou incondicionalmente durante toda essa trajetória, e ao meu filho, Martín, que nasceu durante esse processo e moldou os rumos dessa pesquisa (para melhor). Consequentemente, agradeço à minha família, que foi minha rede de apoio para que eu pudesse escapar por 30 minutos dos meus deveres paternos para escrever esta dissertação.

Ao CDS e, mais importante, às pessoas que o compõem. Desde o primeiro dia, senti-me acolhido e em casa em suas dependências, e pude fazer grandes amigos que levarei comigo para a vida. Aos professores que contribuíram enormemente para nossa formação e, em especial, ao meu orientador, que me deu suporte nos momentos mais difíceis da pesquisa, quando eu já não acreditava mais que seria possível concluí-la da forma como ela está hoje.

Por fim, e não menos importante, um agradecimento ao estado do Pará, em especial aos municípios de Altamira, Brasil Novo, Medicilândia e Uruará, que acolheram este “goiano do quadrado” em suas ricas terras. Aos moradores desses municípios e participantes da pesquisa, que tornaram tudo isso possível, bem como ao projeto PolinizaCacau, que tornou tudo isso possível.

RESUMO

A intensificação agrícola é caracterizada pela introdução da mecanização, utilização de insumos químicos e pela simplificação dos sistemas produtivos, e se expandiu ao redor do mundo, gerando ganhos de produção e elevados custos socioambientais. Na Amazônia, essa tendência vem substituindo sistemas diversificados, como os cultivos de cacau da região Transamazônica do Pará, que são realizados em sistemas agroflorestais (SAFs) sombreados. Esses cultivos vêm sendo substituídos por monocultivos, chamados popularmente como pleno sol: variedade mais produtivas que não dependem de sombreamento, oferecendo ganhos de produtividade no curto prazo, mas elevados riscos ambientais e econômicos no médio e longo prazo.

Diante desse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar os fatores que motivam os produtores a optarem pela intensificação de sistemas de cacau, bem como analisar economicamente sistemas agroflorestais e monocultivos de cacau. O estudo foi desenvolvido em duas etapas: (i) levantamento de dados primários, por meio de entrevistas semiestruturadas com 30 produtores de cacau na região Transamazônica, sobre a motivação dos produtores em intensificar seus cultivos e o perfil desses produtores; e (ii) análises custo-benefício de sistemas agroflorestais e monocultivos, considerando indicadores econômicos (como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Relação Benefício-Custo) para comparar a rentabilidade e viabilidade econômica desses sistemas de cultivo, a partir de uma taxa de desconto de 10%.

Os resultados indicam que a motivação econômica e a idade dos produtores são os principais fatores associados à intensificação. As análises econômicas, por sua vez, sugerem que monocultivos apresentam maiores retornos financeiros no curto prazo, porém, demandam investimentos iniciais elevados e oferecem maiores riscos relacionados à produtividade no médio e longo prazo. Os SAFs apresentam maior estabilidade econômica no longo prazo, menor dependência de insumos externos e maior relação benefício-custo.

Assim, conclui-se que a decisão de intensificar está fortemente associada ao desejo de ganhos mais rápidos, mas carece de avaliações de risco a longo prazo, tendo em vista que os modelos foram implantados à menos de 10 anos na região. A pesquisa destaca a necessidade de políticas que valorizem os serviços ecossistêmicos dos SAFs e criem incentivos econômicos para aumentar a vantagem econômica desses sistemas, através de preços premium para cacau de origem agroflorestal. Esses mecanismos podem equilibrar a competitividade econômica entre os modelos produtivos, e contribuir para a resiliência socioambiental da cadeia na região amazônica.

Palavras-chave: intensificação agrícola; sistemas agroflorestais; cacau; pleno sol; sustentabilidade

ABSTRACT

Agricultural intensification, characterized by the introduction of mechanization, use of chemical inputs, and simplification of production systems, has expanded worldwide, generating both production gains and significant socio-environmental costs. In the Amazon, this trend threatens diversified systems such as cocoa cultivation in the Transamazon region of Pará, traditionally carried out in shaded agroforestry systems (SAFs). These systems have been increasingly replaced by monocultures—popularly known as “full sun”—which use more productive varieties that do not require shading, offering short-term productivity gains but posing high environmental and economic risks in the medium and long term.

In this context, the present study aimed to analyze the factors motivating farmers to adopt intensified cocoa systems, as well as to conduct an economic assessment of agroforestry and monoculture cocoa systems. The research was developed in two stages: (i) collection of primary data through semi-structured interviews with 30 cocoa producers in the Transamazon region, focusing on their motivations for intensifying cultivation and their socioeconomic profiles; and (ii) cost-benefit analyses of agroforestry and monoculture systems, using economic indicators (such as Net Present Value, Internal Rate of Return, and Benefit-Cost Ratio) to compare the profitability and economic viability of these systems, based on a 10% discount rate.

The results indicate that economic motivation and farmers' age are the main factors associated with intensification. Economic analyses suggest that monocultures yield higher financial returns in the short term but require high initial investments and carry greater medium- and long-term productivity risks. SAFs, in contrast, demonstrate greater long-term economic stability, lower dependence on external inputs, and a higher benefit-cost ratio.

It is concluded that the decision to intensify is strongly associated with the pursuit of faster returns but lacks long-term risk assessment, especially given that these systems have been implemented in the region for less than 10 years. The study highlights the need for policies that value the ecosystem services of SAFs and create economic incentives to reduce the advantage of full-sun systems, such as premium prices for agroforestry cocoa. Such mechanisms could balance the economic competitiveness between production models and contribute to the socio-environmental resilience of the cocoa value chain in the Amazon region.

Keywords: agricultural intensification; agroforestry systems; cocoa; full sun; sustainability

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO I – DETERMINANTES DA INTENSIFICAÇÃO AGRÍCOLA NA CACAUICULTURA DA TRANSAMAZÔNICA	17
1. Introdução	17
2. Metodologia	20
a. Revisão de literatura	20
b. A cadeia do cacau e a área de estudo	22
c. Coleta de dados	23
d. Descrição da amostra	24
e. Motivações em intensificar os plantios	25
3. Resultados	27
a. Revisão de literatura	27
b. Caracterização dos participantes	30
c. Motivações da intensificação na cacauicultura	31
4. Discussão	33
a. As motivações econômicas e a racionalidade produtiva que impulsionam a intensificação	33
b. A dimensão geracional e comportamental na tomada de decisão	34
c. Conhecimento técnico, cultural e incentivos externos	34
d. Implicações estruturais e políticas para a sustentabilidade da cadeia cacauceira	36
e. Limitações e recomendações para próximos estudos	36
5. Conclusão	37
6. Referências bibliográficas	38
CAPÍTULO II – ENTRE O SOL E A SOMBRA: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE CULTIVO DE CACAU	46
1. Introdução	46
2. Metodologia	49
a. Área de estudo	49
b. Coleta de dados	52
c. Análise custo-benefício	53
d. Análise de Sensibilidade	60
3. Resultados	61
a. Análise de Sensibilidade	69
4. Discussão	75

5. Conclusão	79
6. Referências bibliográficas	80
CONCLUSÃO GERAL	88
ANEXOS	90
ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO DO CAPÍTULO 1 E 2 (PROJETO POLINIZACACAU)	90
ANEXO 2 – TABELA ILUSTRATIVA DE FLUXO DE CAIXA	104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1-1- Categorias de motivações que favorecem ou inibem a intensificação e suas descrições.	21
Tabela 2-1 Fatores que influenciam a adoção de sistemas de cultivo intensificados, segundo a revisão de literatura.	29
Tabela 3-1 – Distribuição de frequência (%) de sexo, idade, educação, tempo na comunidade e participação em associação ou sindicato por grupo amostral.....	31
Tabela 4-1 - Modelos de regressão logística para estimar a probabilidade de adoção do sistema Pleno Sol em relação ao SAF, com variáveis socioeconômicas e motivacionais (Odds Ratio e p-valor).	32

CAPÍTULO 2

Tabela 1-2 - Premissas e fontes dos parâmetros econômicos utilizados na Análise Custo-Benefício.	58
Tabela 2-2 - Indicadores financeiros e dados produtivos dos modelos econômicos.	64
Tabela 3-2 - Sensibilidade dos modelos econômicos em relação ao preço de venda do cacau (R\$/kg).	73
Tabela 4-2 - Sensibilidade dos modelos econômicos à variação da taxa de desconto (8%, 10% e 12%), com preços de referência de 2025.	74

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1-1 - Mapa da localização dos municípios dos respondentes. (A) Localização do estado do Pará no Brasil, (B) localização dos municípios no estado e (C) mapa com os municípios da amostra, e o número de respondentes em cada município. Fontes: IBGE (2024)..... 25

CAPÍTULO 2

Figura 1-2 - Área do estudo: (1) localização do Pará (Unidade da Federação) no Brasil, (2) municípios onde aconteceu a coleta de dados nos limites do estado do Pará e (3) área de estudo. Fonte: Autor..... 50

Figura 2-2 - Caracterização dos sistemas Pleno Sol (fotos "A" e "B") e Agroflorestal (fotos "C" e "D"). Fonte: Autor. 52

Figura 3-2 - Série histórica do preço de cacau em US\$/tonelada, conforme preço praticado na Bolsa de Nova York. Para conversão em reais, foi utilizada a taxa de câmbio de US\$ 1,00 = R\$ 5,00. Fonte: International Cocoa Organization (ICCO)..... 61

Figura 4-2 - Fluxo de caixa anual dos modelos econômicos de sistemas de cacau (SAF, Monocultivo e SAF Orgânico), expressos em valores reais acumulados ao longo de 20 anos... 66

Figura 5-2 – Custo total detalhado por categoria: insumos (produtos, como fertilizantes, pesticidas e corretores de solo), mão de obra (atividades como poda, plantio de mudas e colheita) e maquinário (atividades envolvendo o uso de máquinas agrícolas, como gradagem) ao longo de 20 anos. 67

Figura 6-2 - Representação comparativa da atratividade econômica dos sistemas de cultivo de cacau por categoria de plantio..... 67

Figura 7-2 - Análise de sensibilidade da produtividade, considerando incrementos e reduções percentuais da quantidade produzida em cada modelo. 71

Figura 8-2 - Evolução temporal do fluxo de caixa acumulado médio dos sistemas de cacau por categoria de plantio (SAF, Monocultivo e SAF Orgânico), considerando horizonte de 30 anos e taxa de desconto de 10% a.a..... 75

LISTA DE EQUAÇÕES

CAPÍTULO 1

Equação 1-1 - Modelo Logístico 1.....	26
Equação 2-1 - Modelo Logístico 2.....	26
Equação 3-1 - Odds.....	27

CAPÍTULO 2

Equação 1-2 - Fluxo de caixa.....	54
Equação 2-2 - Fluxo de caixa descontado.....	54
Equação 3-2 - Valor Presente Líquido (VPL).....	55
Equação 4-2 - Valor Anual Equivalente (VAE).....	56
Equação 4-2 - Relação Benefício-Custo.....	56
Equação 5-2 - Taxa Interna de Retorno (TIR).....	57
Equação 6-2 - Payback.....	57

INTRODUÇÃO GERAL

Os sistemas agroflorestais (SAFs) estão entre os sistemas de cultivo mais sustentáveis e antigos. Eles podem ser definidos como sistemas que combinam árvores e arbustos com culturas agrícolas e/ou pecuária (Beule; Vaupel; Moran-Rodas, 2022). A integração entre a cobertura florestal e as demais culturas permite criar interações únicas, que otimizam os ciclos naturais, como os de nutrientes e água, reduzindo assim a dependência de insumos externos para a produção agrícola (Quinkenstein; Freese; Schneider, 2009). Dessa maneira, os sistemas agroflorestais fornecem uma série de serviços ecossistêmicos e permitem associar produção agrícola e sustentabilidade. Além disso, esses sistemas desempenham um papel importante na regulação do microclima e são reconhecidos como estratégias para adaptação e mitigação climática, pois atuam nos ciclos da água e do carbono (Vaast; Somarriba, 2014).

Além disso, os SAFs são sistemas tradicionais de uso da terra. Na América Latina, eles foram empregados por povos e comunidades indígenas que combinavam espécies frutíferas e medicinais perenes, que mantinham a produtividade a longo prazo (Henkel; Amaral, 2008). Essa manutenção da produtividade decorre dos efeitos do ambiente diversificado das agroflorestas, que permitem a manutenção da fertilidade e umidade do solo, além de preservar suas características físicas (Andres et al., 2016). Dessa forma, os sistemas agroflorestais se destacam como um dos sistemas de cultivo mais sustentáveis do ponto de vista econômico, garantindo estabilidade na produção ao longo do tempo.

Embora os benefícios ecológicos e econômicos dos sistemas agroflorestais sejam amplamente conhecidos (Andres et al., 2016; Lalani et al., 2024; Niether et al., 2020), eles vêm perdendo espaço para sistemas de cultivo simplificados, como resultado do processo de intensificação agrícola. A intensificação agrícola pode ser definida como o aumento da produtividade agrícola, que pode se dar pelo uso de insumos externos e da mecanização dos processos de cultivo (Tennhardt et al., 2024; Tilman et al., 2011). Usualmente, sistemas intensificados reduzem a diversidade de espécies presentes nos sistemas de cultivo, que passam a contar com uma única espécie na unidade produtiva (monocultivo).

Além de gerar aumentos na produção, a intensificação agrícola acarreta elevados custos socioambientais. O uso de pesticidas e fertilizantes tem um efeito destrutivo no meio ambiente e na fauna, afetando especialmente insetos, pássaros e polinizadores (Pretty; Bharucha, 2014; Vaast; Somarriba, 2014). Ademais, os monocultivos necessitam replantio em um espaço de tempo menor em relação a sistemas diversificados (Andres et al., 2016).

Nesse contexto, torna-se muito relevante compreender os motivos que levam os produtores a escolherem o caminho da intensificação agrícola e a abandonarem práticas de cultivo baseadas em sistemas diversificados, como os agroflorestais. Para compreender melhor essa problemática, é essencial considerar as evidências presentes na literatura. Alguns estudos apontam que o fator de maior relevância é econômico, tendo em vista os retornos financeiros maiores no curto prazo (Gyau et al., 2014). Ainda sob a perspectiva econômica, desafios estruturais, como a maior demanda por mão de obra em sistemas agroflorestais, estimulam a busca por outros sistemas de cultivo (Andres et al., 2016). Além disso, aspectos ligados a obtenção de informações através de canais de comunicação formais (como televisão, rádio e internet) e informais (como comunicação interpessoal), questões sociais também podem desempenhar um papel importante no processo decisório de produtores rurais (Távora et al., 2021). Outros estudos também apontam que a decisão por intensificação pode estar associada à influência de instituições, acesso desigual à assistência técnica e ao crédito rural (Veloso et al., 2025).

Dessa forma, considerando a aparente relevância da motivação econômica, se faz importante compreender as diferenças entre os dois sistemas de cultivo sob essa perspectiva. Embora os sistemas agroflorestais tenham custos iniciais elevados, eles oferecem vantagens econômicas no médio e longo prazo, devido à menor necessidade de insumos externos e maior resiliência ambiental. (Gasparinetti et al., 2022; Mattalia et al., 2022; Vaast; Somarriba, 2014). Em contrapartida, monocultivos intensivos tendem a gerar lucros maiores no curto prazo, mas podem ser mais vulneráveis à pragas agrícolas, além de acentuarem o processo de degradação do solo (Franzen; Borgerhoff Mulder, 2007; Andres et al., 2016).

Embora existam diversos estudos sobre o processo de intensificação agrícola, certos aspectos ainda permanecem pouco explorados na literatura. Primeiramente, apesar da existência de estudos que buscaram compreender fatores que influenciam o processo decisório dos produtores, a literatura para compreender esse processo no contexto da adoção de sistemas de cultivo intensificados é escassa (Andres et al., 2016; Bopp et al., 2019; Gyau et al., 2014). Além disso, ainda há pouca compreensão sobre como os benefícios de cada sistema são percebidas pelos produtores e como influenciam a decisão de intensificar.

Ademais, diversos estudos compararam qualitativamente sistemas agroflorestais e monocultivos sob as perspectivas ambiental e social (Andres et al., 2016; Lalani et al., 2024; Niether et al., 2020; Vaast; Somarriba, 2014). Entretanto, a literatura que analisa de forma direta e quantitativa as diferenças econômicas entre esses sistemas permanece limitada, especialmente no que se refere à avaliação integrada de desempenho no curto, médio e longo prazo. Os trabalhos que investigaram sistemas agroflorestais indicam que esses arranjos tendem a apresentar maior estabilidade produtiva e rentabilidade em horizontes extensos (Gasparinetti et al., 2022; Mattalia

et al., 2022; Vaast; Somarriba, 2014). Em contraste, estudos focados em monocultivos destacam que, embora esses sistemas apresentem custos operacionais elevados, eles produzem retornos financeiros expressivos nas fases iniciais do ciclo produtivo (Andres et al., 2016; Franzen; Borgerhoff Mulder, 2007). Ainda assim, permanece uma lacuna na literatura no que diz respeito à compreensão integrada das dimensões econômicas e não econômicas que influenciam a decisão dos produtores em intensificar seus plantios (Bopp et al., 2019).

Considerando a relevância do estudo dos fatores que levam os produtores a intensificação agrícola associada a análise econômica dos cultivos, a presente dissertação visa contribuir para as lacunas de pesquisa apresentadas, por meio de um estudo de caso sobre a intensificação agrícola no contexto do cultivo de cacau na região amazônica, no Brasil. A escolha do cultivo de cacau como estudo de caso foi motivada por diversos fatores:

1. O cacau é cultivado em sistemas agroflorestais sombreados, que são especialmente relevantes para conservação da biodiversidade e para o provimento de serviços ecossistêmicos (Isaac et al., 2011).
2. A produção de cacau na Amazônia está em plena expansão, devida à crescente demanda pelo produto nos mercados internacionais e os altos preços nos últimos anos (Veloso et al., 2025; Venturieri et al., 2022).
3. Um número crescente de produtores está se engajando no processo de intensificação agrícola do cultivo de cacau no polo produtivo da Transamazônica, no estado do Pará (Veloso et al., 2025).

Dessa forma, o objetivo geral da pesquisa é caracterizar as motivações e os fatores associados à decisão dos produtores pela intensificação dos seus sistemas produtivos e analisar a sustentabilidade econômica dos sistemas agroflorestais e intensificados de cultivo de cacau na Amazônia.

A pesquisa possui dois objetivos específicos, que serão desenvolvidos em capítulos independentes, em formato de artigo:

1. Caracterizar as motivações e os fatores associados à decisão de produtores pela intensificação dos seus cultivos de cacau na região da Transamazônica.
2. Analisar e comparar sustentabilidade econômica dos sistemas agroflorestais e intensificados de cacau, no curto, médio e longo prazo, por meio de um estudo de caso na região da Transamazônica.

A dissertação é composta por três partes: 1) introdução sobre a pesquisa; 2) dois artigos independentes, referentes aos capítulos I e II; e 3) conclusão. Os capítulos terão uma estrutura de

artigo científico, com introdução, metodologia, resultados, discussão, conclusão e respectivas referências bibliográficas.

Primeiramente, a introdução tem como função apresentar o contexto, conceitos, justificativa e objetivos da dissertação. Em seguida, o capítulo I busca identificar os fatores associados à decisão dos produtores, em especial no contexto da intensificação e, em seguida, caracterizar as motivações e fatores associados à decisão pela intensificação, a partir do estudo de caso selecionado.

Por sua vez, o capítulo II busca comparar economicamente sistemas agroflorestais de cultivo de cacau e monocultivos. O objetivo desse capítulo é comparar a sustentabilidade econômica de sistemas agroflorestais e intensificados de cultivo de cacau na Amazônia, considerando diferentes horizontes temporais e variáveis de custo e retorno do investimento.

Por último, a conclusão trará uma breve discussão entre os resultados dos dois capítulos. Essa seção possibilitará uma análise integrada dos resultados dos estudos, possibilitando discutir as implicações dos estudos para a região do estudo e para a cadeia produtiva do cacau. Além disso, será possível sugerir caminhos para novas pesquisas abordando esse tema, destacar como a pesquisa pode ser útil para elaboração de políticas públicas voltadas aos produtores dessa cadeia, e para profissionais que atuam prestando assistência técnica.

Cabe ressaltar que essa dissertação está inserida no projeto de pesquisa “*PolinizaCacau*”, que apoiou a coleta de dados e o desenvolvimento da presente pesquisa. A equipe do projeto é composta por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, como a *Embrapa Amazônia Oriental*, *Universidade Federal de Goiás* (UFG), *Instituto de Pesquisas Amazônicas* (INPA), *Instituto Tecnológico Vale* (ITV), dentre outros. O objetivo do projeto é gerar conhecimentos relacionados à polinização e ao manejo dos cultivos de cacau na Amazônia brasileira, em diferentes sistemas de cultivo, contribuindo dessa forma ao desenvolvimento socioeconômico sustentável dos agricultores dessa região e fomentando a bioeconomia amazônica. Dessa forma, a presente pesquisa se desenvolveu no plano de ação 4 do projeto, que busca ampliar os conhecimentos sobre os diferentes sistemas de cultivo de cacau (monocultivo e agroflorestal) através da avaliação socioeconômica das práticas de cultivo do cacau.

Por último, cabe ressaltar que a coleta de dados da presente pesquisa esteve atrelada ao questionário de coleta de dados do plano de ação 4, que foi devidamente submetido e aprovado pela Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de Brasília em 19/09/2024, CAAE n. 80615024.4.0000.5540. Esse procedimento visa garantir a integridade, dignidade e direito dos participantes da pesquisa. Os questionários utilizados serão fornecidos no Anexo da presente pesquisa.

Todas as pessoas entrevistadas na presente pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início das entrevistas, onde foram informados o contexto e objetivos da pesquisa, e foram assegurados o direito de se retirar da pesquisa caso desejassem e teriam sua dignidade preservada durante a aplicação. As conversas foram anotadas em papel, e posteriormente digitalizadas para utilização na pesquisa. Nenhuma informação sensível ou que identifique os entrevistados serão reveladas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRES, C. et al. Cocoa in monoculture and dynamic agroforestry. In: LICHTFOUSE, E. (ed.). *Sustainable Agriculture Reviews*. Cham: Springer, 2016. p. 121–153.
- BEULE, L.; VAUPEL, A.; MORAN-RODAS, V. E. Abundance, diversity, and function of soil microorganisms in temperate alley-cropping agroforestry systems: a review. *Agroforestry Systems*, 2022.
- BOPP, C. et al. The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, v. 244, p. 320–327, 2019.
- FRANZEN, M.; BORGERHOFF MULDER, M. Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, p. 3835–3849, 2007.
- GASPARINETTI, P. et al. Economic feasibility of tropical forest restoration models based on non-timber forest products in Brazil, Cambodia, Indonesia, and Peru. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1878, 2022.
- GYAU, A. et al. Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 1035–1045, 2014.
- HENKEL, K.; AMARAL, I. G. Análise agrossocial da percepção de agricultores familiares sobre sistemas agroflorestais no nordeste do estado do Pará, Brasil. *Revista de Agroecologia*, 2008.
- ISAAC, M. E. et al. A strategy for tree-perennial crop productivity: nursery phase nutrient additions in cocoa-shade agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, v. 81, p. 147–155, 2011.
- LALANI, B. et al. Shade versus intensification: trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? *Agricultural Systems*, v. 214, p. 103814, 2024.
- MATTALIA, G. et al. Contribution of cacao agroforestry versus mono-cropping systems for enhanced sustainability. *Agroforestry Systems*, v. 96, n. 7, p. 1077–1089, 2022.
- NIETHER, W. et al. Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 10, p. 104085, 2020.
- PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, v. 114, p. 1571–1596, 2014.
- QUINKENSTEIN, A.; FREESE, D.; SCHNEIDER, B. U. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science*, 2009.

- TÁVORA, R. et al. Complex innovations in agriculture, environment, and health-the perceptions of rice farmers in the Jequetepeque Valley, Peru. *Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate*, 12(3), 2021.
- TENNHARDT, L. M. et al. The role of household labour for sustainable intensification in smallholder systems: a case study in cocoa farming systems. *Regional Environmental Change*, v. 24, n. 2, p. 83, 2024.
- TILMAN, D. et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, 2011.
- VAAST, P.; SOMARRIBA, E. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 947–956, 2014.
- VELOSO, T. C. et al. Sociobioeconomic effects of the transition of cocoa grown in agroforestry systems to full sun in the Amazon. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. e010739, 2025.
- VENTURIERI, A. et al. The sustainable expansion of the cocoa crop in the State of Pará and its contribution to altered areas recovery and fire reduction. *Journal of Geographic Information System*, v. 14, n. 3, p. 294–313, 2022.

CAPÍTULO I – DETERMINANTES DA INTENSIFICAÇÃO AGRÍCOLA NA CACAUCULTURA DA TRANSAMAZÔNICA

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) constituem uma das formas mais antigas e sustentáveis de uso da terra, caracterizando-se pela integração entre árvores, arbustos e culturas agrícolas e, ou, pecuários em um mesmo espaço produtivo. Essa combinação promove interações ecológicas que otimizam a ciclagem de nutrientes e a retenção de água no solo, reduzindo a necessidade de utilização de insumos externos e aumento a resiliência ambiental (Altieri & Nicholls, 2004; Quinkenstein; Freese; Schneider, 2009). Por essas razões, os SAFs são amplamente reconhecidos como sistemas capazes de conciliar produção agrícola e conservação ambiental, além de desempenharem papel relevante na regulação microclimática e na mitigação das mudanças climáticas (Vaast; Somarriba, 2014).

Na América Latina, os SAFs têm raízes em práticas tradicionais desenvolvidas por povos e comunidades indígenas, que cultivavam espécies perenes frutíferas e medicinais nesse modo, mantendo a fertilidade do solo e a produtividade de longo prazo (Henkel; Amaral, 2008; Viswanath; Lubina, 2018; Krishnamurthy et al., 2017). A combinação entre diversidade biológica e estabilidade produtiva faz com que as agroflorestas se destaquem não apenas por seus benefícios ecológicos, mas também por seu potencial produtivo, especialmente em regiões tropicais (Andres et al., 2016; Tremblay et al., 2015).

Mesmo com sua importância, observa-se nas últimas décadas uma tendência de substituição de SAFs por sistemas de cultivo mais simples, processo conhecido como intensificação agrícola. Essa simplificação visa atender à crescente demanda por alimentos no mundo e os anseios da revolução verde, desde a década de 70 (Bennett et al., 2021). Esse processo, que foi criado e baseado no contexto agrícola estado-unidense, modificou os sistemas de cultivo globalmente e impulsionou monocultivos de larga-escala, como o milho e a soja (Brugger, 2007).

Apesar de proporcionar aumentos na produção, a intensificação agrícola gerou elevados custos socioambientais desde o início de sua impulsão. Além da implementação de monocultivos, esse processo esteve associado a um aumento no uso de recursos externos ao sistema, como pesticidas e fertilizantes (Tennhardt et al., 2024; Tilman et al., 2011). O uso desses produtos, por sua vez, tem um efeito destrutivo no meio ambiente e na fauna, afetando especialmente insetos, pássaros e polinizadores (Pretty; Bharucha, 2014; Vaast; Somarriba, 2014). Além de seus efeitos ambientais, evidências recentes mostram que a exposição a pesticidas está associada a uma variedade de agravos à saúde humana, incluindo alterações neurológicas, distúrbios endócrinos e

maior risco de câncer, especialmente em populações vulneráveis, como crianças (Rodrigues et al., 2024).

Além disso, sistemas intensificados frequentemente reduzem a diversidade estrutural e funcional dos agroecossistemas, em contraste com sistemas agroflorestais que apresentam maior capacidade de conservação da biodiversidade e de armazenamento de carbono. Nos últimos anos, diversos tratados internacionais têm reforçado a necessidade de expandir práticas produtivas sustentáveis baseadas em árvores e manejo ecológico. Dentre eles, pode-se citar o Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework (2022) estabelece metas claras para restaurar ecossistemas degradados, ampliar a integridade das paisagens agrícolas e promover sistemas de produção que integrem múltiplas espécies. Da mesma forma, a Glasgow Leaders’ Declaration on Forests and Land Use (COP26, 2021) compromete os países signatários a reduzir o desmatamento e estimular sistemas produtivos sustentáveis que contribuam para a manutenção dos estoques de carbono. Mais recentemente, a Emirates Declaration on Sustainable Agriculture, Resilient Food Systems and Climate Action (COP28, 2023) destacou o papel central da agricultura sustentável — incluindo sistemas agroflorestais — na mitigação climática e na resiliência dos sistemas alimentares globais.

No contexto brasileiro, programas e políticas públicas convergem para essa mesma direção. O Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) incentiva práticas voltadas à redução de emissões e ao aumento dos estoques de carbono, destacando sistemas produtivos que integrem árvores e manejo sustentável. Da mesma forma, o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) promove arranjos diversificados que associam conservação ambiental, uso eficiente do solo e geração de renda. Tais diretrizes reforçam o papel dos sistemas agroflorestais como alternativa alinhada às metas nacionais de mitigação e adaptação climática.

Desse modo, para compreender as implicações dos sistemas intensificados ao produtor rural, é preciso de mais pesquisas que explorem as preferências e os motivos da adoção de sistemas intensificados (Kaba; Otu-Nyanteh; Abunyewa, 2020; Somarriba; Lopez-Sampson, 2018). Alguns estudos apontam que o fator de maior relevância é econômico (Gyau et al., 2014). Em países africanos, como Gana e Costa do Marfim, onde sistemas intensificados de cacau são predominantes, diversos estudos apontam que a opção dos produtores por esses sistemas se deve primariamente aos retornos maiores ao remover o sombreamento, em razão do aumento da produção por planta (Yamaoh et al., 2021; Kaba et al., 2020).

Além das motivações econômicas, a literatura sugere que características individuais, como a idade, podem exercer influência na forma com que os agricultores avaliam risco e tomam decisões. Estudos recentes em psicologia econômica mostram que indivíduos mais jovens tendem a adotar estratégias de decisão mais intuitivas e orientadas ao curto prazo, o que os torna mais propensos a assumir riscos em busca de retornos rápidos (Sundarasan; Rajagopalan; Ibrahim,

2025; Albert; Duffy, 2012). Por outro lado, pessoas mais velhas mobilizam processos cognitivos mais analíticos, favorecendo escolhas conservadoras e estabilidade financeira (Dan, 2024). Ademais, pesquisas sociológicas apontam que atitudes frente ao risco e ao dinheiro não são apenas disposições individuais, mas também respostas moldadas por contextos culturais e expectativas sociais, sendo que jovens frequentemente expressam maior otimismo econômico mesmo diante de cenários incertos (Bandelj et al., 2021).

Alguns estudos também apontam que a participação em cooperativas e associações pode influenciar a decisão por sistemas de cultivo (Krumbiegel; Tillie, 2024). Tendo em vista que esses espaços favorecem a troca de informações sobre práticas sustentáveis e benefícios de sistemas agroflorestais, eles podem servir como uma barreira à adoção de sistemas intensificados (Amerino; Apedo; Anang, 2024; Krumbiegel; Tillie, 2024). Ademais, o capital social e a troca de saberes entre produtores desempenham um papel fundamental para adoção de práticas sustentáveis, o que pode interferir negativamente na adoção de monocultivos (Amerino; Apedo; Anang, 2024).

Dessa maneira, o presente estudo utilizou a cultura do cacau como estudo de caso para analisar os fatores associados à decisão de produtores do polo produtivo da região Transamazônica, no estado do Pará, em adotar sistemas intensificados. Para isso, foram realizadas entrevistas com produtores de cacau, a fim de identificar quais fatores, previamente listados pela literatura, influenciam a decisão pela intensificação.

Essa análise é especialmente relevante pois, caso a adoção de sistemas intensificados continue avançando na Amazônia, o cenário observado na África Ocidental pode se repetir no Brasil. No caso de países como Costa do Marfim e Gana, em que sistemas pleno sol já estão implementados a maior tempo, existem diversas evidências na literatura sobre como esses monocultivos impactaram negativamente os ecossistemas, devido ao uso excessivo de agrotóxicos e produtos químicos (Gyau et al., 2014; Vaast; Somarriba, 2014). Dessa forma, considerando as evidências já consolidadas na África Ocidental, torna-se relevante investigar como esse processo de intensificação vem ocorrendo no contexto amazônico, identificando suas particularidades e possíveis implicações socioambientais.

Além disso, existe um impacto ao produtor no médio prazo, pois apesar dos retornos econômicos mais rápidos nos primeiros anos, existe uma queda acentuada na produtividade do sistema a pleno sol após 15 anos de produção (Gyau et al., 2014; Obiri et al., 2007; Somarriba; Lopez-Sampson, 2018). Essa redução no ciclo produtivo do cacau cultivado a pleno sol aumenta o desgaste do solo e a pressão sob os recursos naturais. Além disso, são sistemas dependentes de água e uma grande quantidade de insumos, que degradam os ecossistemas de forma mais intensa (Somarriba et al., 2018).

Por fim, nos últimos anos a produção de cacau da África Ocidental sofreu uma quebra de produção atribuída a condições climáticas adversas. Esse cenário fez com que houvesse uma maior incidência de pragas e doenças nos plantios, o que reduziu a oferta da commodity e provocou desequilíbrios no mercado internacional, resultando em um aumento expressivo nos preços da amêndoa seca (Asante et al., 2025). Tendo em vista esse contexto e as desvantagens produtivas do pleno sol, nota-se um movimento de migração gradual aos sistemas agroflorestais no continente africano (Alemagi et al., 2015; Kouassi et al., 2023; Yamoah et al., 2021).

Contudo, por ser um fenômeno recente na região amazônica brasileira, os efeitos negativos da intensificação ainda não são evidentes. Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender os fatores que influenciam a decisão dos produtores em adotar sistemas intensificados, de modo a antecipar possíveis implicações sociais, econômicas e ambientais na região.

2. Metodologia

a. Revisão de literatura

A primeira fase da pesquisa consistiu em uma revisão de literatura, cujo objetivo foi identificar fatores que motivam produtores de cacau a converter sistemas agroflorestais em monocultivos. Para tal, foi realizada uma revisão não sistemática. Primeiramente, realizou-se uma busca estruturada utilizando a base de dados Scopus. Utilizou-se uma *string* avançada de busca, construída para captar literaturas em inglês, português e espanhol sobre o tema e que retornou 55 artigos. A *string* utilizada foi:

TITLE-ABS-KEY(

(cocoa OR cacao OR "Theobroma cacao")

AND

("full sun" OR "pleno sol" OR monocultur* OR "shade removal" OR desombr* OR "remocao de sombra" OR "remocion de sombra" OR intensif* OR intensifica*)

AND

(adopt* OR adopc* OR adoc* OR decision* OR decisi* OR decisao* OR intention* OR intenc* OR attitude* OR actitud* OR atitude* OR perception* OR percep* OR motiv* OR motivac* OR driver* OR impulsor* OR determinant* OR factor* OR barrier* OR barrer* OR barreir* OR constraint* OR restric* OR challenge* OR desafio*)

AND

(farmer* OR smallholder* OR produtor* OR agricultor* OR productor*)

AND NOT TITLE-ABS-KEY(sequestrat* OR biodivers* OR fertilit* OR suelo* OR soil)

AND (PUBYEAR > 1999)

AND (LIMIT-TO(LANGUAGE,"English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE,"Portuguese") OR LIMIT-TO(LANGUAGE,"Spanish"))

Essa estratégia visava garantir uma maior abrangência de publicações acadêmicas e indexadas, e considerar artigos publicados em português, espanhol e inglês. Reconhece-se, contudo, que bases como a Scopus possuem menor cobertura de periódicos latino-americanos e de publicações em língua portuguesa espanhola, limitação apontada por outros estudos que realizaram revisões sobre o mesmo tema (Suarez; Gwozdz, 2023). Ainda assim, optou-se por manter essa base em função de sua ampla indexação internacional e padronização dos metadados. Dessa forma, apenas um artigo na língua espanhola foi identificado e incorporado à revisão, destacando uma lacuna na cobertura desses idiomas.

Os artigos selecionados nas etapas anteriores foram analisados qualitativamente, através da leitura e registro em um banco de dados, que visou categorizar as principais motivações apontadas pelos produtores rurais para intensificação, ou não, de seus cultivos de cacau. As motivações foram organizadas nas categorias apontadas na Tabela 1-1. Cabe ressaltar que, tendo em vista que os artigos, de forma geral, apontam para diversos fatores e motivações, considerou-se que um mesmo artigo poderia estar em mais de uma categoria.

Tabela 1-1- Categorias de motivações que favorecem ou inibem a intensificação e suas descrições.

Motivações	Descrição
Econômica	Motivações ligadas ao retorno financeiro e custos, como aumento de receita por hectare, prazo de retorno do investimento e fatores similares.
Técnico-produtiva	Razões associadas a manejo e fitossanidade, como maior ou menor necessidade de mão-de-obra, controle de pragas e doenças, dificuldade do manejo e fatores similares.

Socio-cultural	Argumentos baseados em valores sociais, tradições e identidade: preservação do conhecimento familiar, continuidade de práticas agroflorestais e fatores similares.
Características do produtor	Fatores como individuais como gênero, idade, tempo de residência na região, ou até mesmo por recomendação de amigos, vizinhos, produtores, instituições, organizações, governo ou outros agentes.

A partir da classificação, foi criada uma tabela que determina a frequência da menção para identificar quais fatores motivacionais foram mais prevalentes na literatura. Por meio dessa sistematização, foram estabelecidos critérios para construção do questionário utilizado em campo, fornecendo insumos que apontam quais aspectos deveriam ser observados e explorados durante a coleta de dados.

b. A cadeia do cacau e a área de estudo

A cadeia global do cacau é fortemente concentrada na África Ocidental, responsável por aproximadamente 71% da produção mundial, seguida pelas Américas, com cerca de 23% do total (ICCO, 2025). A produção mundial vem apresentando crescimento contínuo ao longo dos últimos anos, sendo o cacau comercializado como commodity em mercados internacionais e processado majoritariamente na Europa, que concentra a maior parte da capacidade industrial de moagem (SWISSCO, 2025). Os principais países produtores são Costa do Marfim, Gana, Equador e Camarões, que historicamente lideram o mercado global (ICCO, 2025). O Brasil ocupa a sexta posição no ranking mundial, contribuindo com cerca de 4% da produção global e apresentando trajetória recente de expansão.

A região da Transamazônica, no estado do Pará, constitui o principal polo cacauero do Brasil e apresenta características socioeconômicas e territoriais singulares. O município de Altamira, núcleo da região e maior município brasileiro em extensão territorial, possui 159.533 km², população de aproximadamente 126 mil habitantes, IDH Municipal de 0,665 e PIB per capita de R\$ 26.595 (IBGE, 2024). Sua posição estratégica ao longo da rodovia Transamazônica e sua função como centro de serviços agrícolas conferem ao município papel relevante na organização da cadeia produtiva local.

A expansão da cacauicultura na região decorre da política de colonização implementada durante o governo militar nos anos 1970, marcada pela abertura da rodovia Transamazônica e pelo assentamento de agricultores ao longo de seu traçado (Silva; Rocha, 2018). O cacau (*Theobroma cacao* L.), espécie nativa da Amazônia e presente nos sub-bosques da floresta, encontrou condições favoráveis para cultivo em razão dos solos de média fertilidade e do clima tropical úmido. A partir desse processo, municípios como Altamira, e vizinhos como Medicilândia, Uruará, Brasil Novo e Anapu consolidaram-se como importantes áreas produtoras, com forte dependência econômica da cacauicultura (CNA, 2021).

Segundo dados da Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE, 2022), a microrregião de Altamira concentra cerca de 113,5 mil hectares plantados, com produção aproximada de 120 mil toneladas de amêndoas, apresentando produtividades muito superiores à média nacional — 465 kg/ha no Brasil versus cerca de 1.200 kg/ha em municípios como Medicilândia (Monteiro, 2024). Em 2024, o Pará respondeu por 153,9 mil toneladas, mais de 50% da produção nacional, e a região do estudo representou 75,86% desse volume, consolidando-se como o epicentro da cacauicultura brasileira (Sedap; Ceplac; Funcacau, 2023).

A relevância econômica do cacau é reforçada pelo seu posicionamento como o quarto produto agrícola mais importante do Pará, atrás de soja, açaí e mandioca (IBGE, 2023). O desempenho superior do estado em termos de produtividade evidencia a adoção crescente de tecnologias e sistemas produtivos mais intensivos. Esse contexto regional, historicamente ancorado em sistemas agroflorestais e atualmente marcado pela difusão de cultivos intensificados, fornece o pano de fundo necessário para compreender os fatores que influenciam as decisões dos produtores rurais e o processo de intensificação agrícola em curso na Transamazônica (Veloso et al., 2025).

c. Coleta de dados

Posteriormente, a segunda fase da pesquisa consistiu na coleta de dados sobre as motivações dos produtores em intensificar seus plantios. Essa fase foi realizada durante o mês de junho de 2025, no município de Altamira (PA), e se deu a partir de entrevistas semi-estruturadas (Anexo 1), aplicadas diretamente a produtores selecionadas. Ao todo, foram entrevistados trinta produtores rurais (n=30), selecionados de forma não probabilística por conveniência. Essa abordagem permitiu captar diferentes percepções e perfis de produtores, ainda que não assegure representatividade da amostra.

Foram coletadas informações socioeconômicas e produtivas, identificadas na primeira fase da pesquisa (Andres et al., 2016; Feintrenie; Schwarze; Levang, 2010; Gyau et al., 2014; Kaba; Otu-Nyanteh; Abunyewa, 2020; Kouassi et al., 2023; Somarriba; Lopez-Sampson, 2018; Vasco et al.,

2021; Veloso et al., 2025; Yamoah et al., 2021). As variáveis socioeconômicas incluíram sexo, idade, escolaridade, tempo de residência na comunidade e anos de experiência com cultivo de cacau. Já as variáveis produtivas abrangeram o sistema de cultivo adotado (agroflorestal ou pleno sol), área dedicada ao cultivo de cacau e a participação em associações ou sindicatos ruais.

Para identificar os fatores que levam à adoção de sistemas intensificados, as entrevistas incluíram perguntas abertas voltadas a compreender: (1) as razões que levaram produtores que já haviam adotado o sistema a pleno sol a realizar essa transição; e (2) entre os produtores que ainda mantinham agroflorestas, se havia ou não intenção de intensificação, e quais fatores fundamentavam tal decisão.

d. Descrição da amostra

Para fins analíticos, os produtores foram organizados em dois grupos: aqueles que já adotaram ou desejam adotar sistemas intensificados (Grupo Pleno Sol) e aqueles que pretendem manter sistemas agroflorestais (Grupo SAF). Essa classificação segue abordagens adotadas na literatura, que frequentemente reúnem experiência e intenção de adoção na mesma categoria, uma vez que ambos refletem a predisposição à intensificação (Gyau et al., 2014; Kouassi et al., 2023). Os municípios dos respondentes se encontram na Figura 1-1.

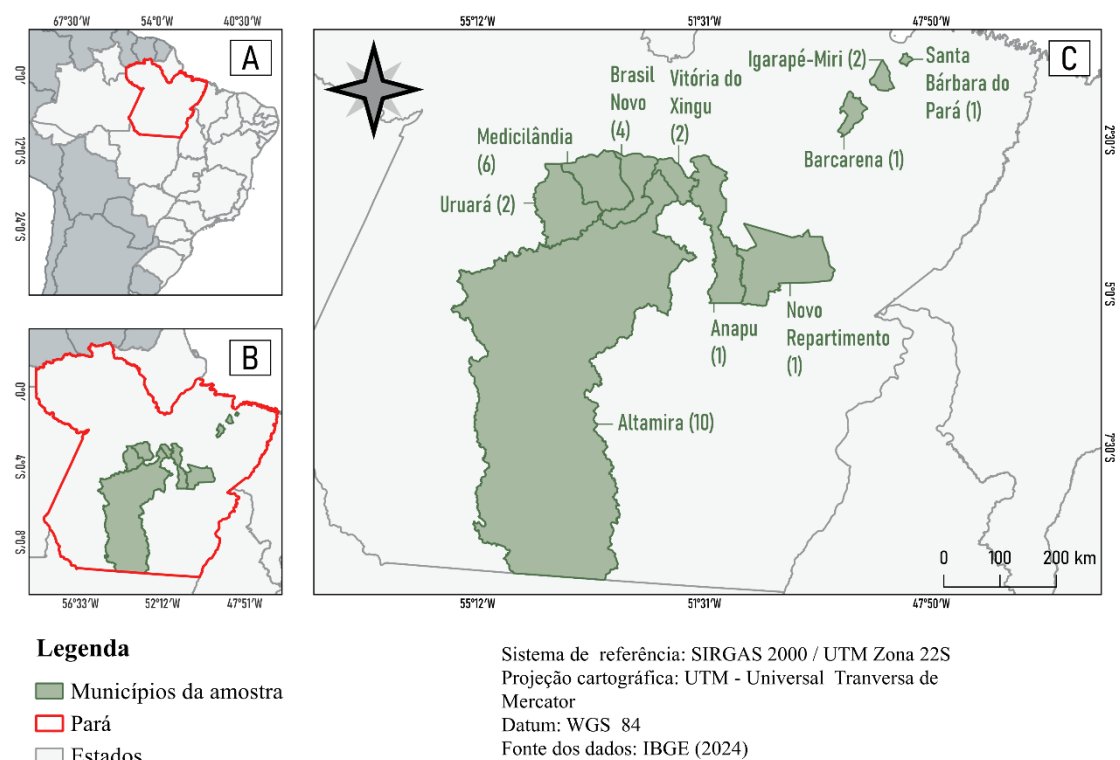


Figura 1-1 - Mapa da localização dos municípios dos respondentes. (A) Localização do estado do Pará no Brasil, (B) localização dos municípios no estado e (C) mapa com os municípios da amostra, e o número de respondentes em cada município. Fontes: IBGE (2024).

Para cada grupo de análise, foram calculadas as frequências relativas das variáveis socioeconômicas, bem como das motivações relatadas nas entrevistas. Foram criadas quatro categorias de motivações: (i) econômicas, ligadas aos retornos financeiros; (ii) técnico-produtivas, relacionadas a manejo, incidência de pragas e uso da mão de obra; (iii) socioculturais, associadas a tradições, valores familiares e identidade; e (iv) incentivado por terceiros, como recomendações de vizinhos, familiares ou instituições. Cada variável motivacional foi registrada de forma binária, onde foi atribuído o valor 1 quando a motivação foi considerada relevante e 0 quando não foi mencionada como um fator decisório.

e. Motivações em intensificar os plantios

Em seguida, os dados foram analisados através de modelos de regressão logística (conforme a Equação 1 e 2), com o objetivo de identificar quais fatores estão associados à decisão dos produtores em adotar sistemas intensificados em comparação aos sistemas agroflorestais. Para seleção dos modelos e identificação das variáveis com maior poder explicativo, foram empregados procedimentos automáticos e baseados no Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc). Para tal, utilizaram-se dois métodos: seleção *stepwise forward-backward*

(funções *stepAIC* pacote *MASS*) e seleção exaustiva de modelos candidatos (função *dredge* do pacote *MuMin*) no software estatístico *R*. O modelo com menor valor de AICc foi considerado o mais parcimonioso, mas conforme a literatura (Burnham & Anderson, 2002), também foram considerados os modelos que possuísem $\Delta AICc \leq 2$, pois estes também são estatisticamente plausíveis. Dessa forma, dois modelos atingiram os critérios para seleção.

Equação 1-1 - Modelo Logístico 1.

$$\Pr(Y = 1 | X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 * Idade + \beta_2 * MotivaçãoEF)}}$$

Onde:

- $\Pr(Y=1|X)$: Probabilidade de o produtor rural pertencer ao **Grupo Pleno Sol**;
- β_0 : Intercepto do modelo logístico;
- β_1 : Coeficiente associado à **idade** do produtor.
- β_2 : Coeficiente associado à **motivação econômico-financeira (MotivaçãoEF)**;

Equação 2-1 - Modelo Logístico 2.

$$\Pr(Y = 1 | X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 * MotivaçãoEF + \beta_2 * MotivaçãoTP)}}$$

Onde:

- $\Pr(Y=1|X)$: Probabilidade de o produtor rural pertencer ao **Grupo Pleno Sol**;
- β_0 : Intercepto do modelo logístico;
- β_1 : Coeficiente associado à **motivação econômico-financeira (MotivaçãoEF)**;
- β_2 : Coeficiente associado à **motivação técnico-produtiva (MotivaçãoTP)**;

Por fim, para cada preditor foi apresentada a odds ratio (OR), que é definida como a razão entre duas odds. No contexto do presente estudo, a OR representa quantas vezes maior, ou menor, é a chance de um produtor pertencer ao Grupo Pleno Sol em comparação ao Grupo SAF. A odds, por sua vez, é definida como a razão entre a probabilidade de um evento ocorrer e de não ocorrer. As ORs foram acompanhadas dos respectivos intervalos de confiança de 95% (IC) e dos níveis de significância estatística ($p < 0,05$; * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$; † para $p < 0,10$).

Adicionalmente, de modo a facilitar a interpretação prática dos resultados, os valores de odds ratios dos modelos foram traduzidos em probabilidades relativas, tomando como referência uma probabilidade basal de 46,7%, estimada a partir da proporção de produtores classificados como Grupo Pleno Sol a amostra. A partir dessa base, utilizou-se a fórmula abaixo para calcular as odds associadas à condição de referência, e então as odds ajustadas para cada preditor foram obtidas multiplicando-se pela OR correspondente. Dessa forma, as novas probabilidades foram derivadas pela inversão da fórmula, permitindo estimar o impacto isolado para cada variável nos modelos. Essa abordagem permite ilustrar como os preditores afetam a chance absoluta de intensificação, e não apenas a sua relação relativa, facilitando a compreensão dos dados.

Equação 3-1 - Odds.

$$Odds = \frac{p}{1 - p}$$

Onde:

- P = probabilidade

3. Resultados

a. Revisão de literatura

Os artigos foram sistematizados e foram organizados na Tabela 2-1, contendo a categorização das motivações por fatores, motivação e os estudos que apontam a relevância de tais motivações. A revisão de literatura conduzida encontrou 13 artigos relacionados ao tema e revelou uma concentração de estudos conduzidos na região da África Ocidental, em especial nos países Gana e Costa do Marfim. Tal resultado era esperado, tendo em vista que os dois países africanos lideram a produção de cacau mundialmente (Kouassi et al., 2023; Yamoah et al., 2021). Também cabe ressaltar que a maioria dos artigos adota abordagens qualitativas para investigar os fatores socioeconômicos e agrônômicos relacionados ao fator da intensificação do cacau.

Em relação às motivações associadas a intensificação do cacau, a mais presente na literatura foi a de ordem econômica. Essa motivação favorece adoção de sistemas intensificados, uma vez que o aumento de produtividade por hectare e a redução do tempo retorno do investimento são percebidos pelo produtor como vantagens centrais desses sistemas de cultivo. A predominância desse fator indica que os produtores tendem a priorizar critérios de curto prazo ao considerar a escolha de sistemas produtivos. Cabe ressaltar que esse cenário se repetiu de forma homogênea

nos diversos países e contextos presentes na literatura revisada (Somarriba; Lopez-Sampson, 2018; Veloso et al., 2025; Yamoah et al., 2021).

Contudo, fatores técnico-produtivos, como facilidade de manejo e menor incidência de pragas, também aparecem como fatores decisivos para escolha de sistemas de cultivo intensificados. A literatura aponta que produtores tendem a engajar nesses sistemas por conta da facilidade na aplicação de pesticidas, e consequentemente, ter um maior controle sobre a incidência de pragas no cultivo de cacau (Antepim-Appiah, 2017). Esse fator tem ainda mais relevância em países e regiões afetados severamente por pragas (Andres et al., 2016; Gyau et al., 2014).

Complementarmente, alguns estudos apontaram fatores individuais, como tempo de permanência na comunidade como determinantes na adoção de sistemas de cultivo agroflorestais e diversificados (Kouassi et al., 2021, 2023). O menor tempo de residência na comunidade pode ser um indicativo de falta de segurança fundiária, inibindo a adoção de sistemas que apresentem retornos maiores a longo prazo e favorecendo a intensificação. Além disso, maior tempo na comunidade também está relacionado à maior sensibilidade à programas de extensão rural e conexão com a terra, que estimulam a adoção de práticas agroflorestais (Kouassi et al., 2023).

Apesar desses achados, notam-se algumas lacunas nos estudos avaliados. Primeiramente, a falta de representatividade latino-americana e asiática. Tal cenário revela uma limitação, pois as especificidades da cadeia do cacau diferem significativamente entre países. Por exemplo, Andres et al., (2016) apontam que na Bolívia, a adoção do pleno sol está associada à perspectiva de investimento (produtores que veem o cacau como uma atividade a curto ou médio prazo, preferem monocultivos) e à escassez de mão de obra no país. Essas motivações contrastam com as encontradas na África, sugerindo que existem fatores específicos de cada localidade que não são capturados pela concentração de estudos realizados no contexto africano.

Em seguida, observa-se que a literatura que examina diretamente o processo de intensificação em curso ainda é limitada, sobretudo no contexto latino-americano. Essa restrição se explica pelo fato de grande parte dos estudos terem sido desenvolvidos em países da África Ocidental, onde a intensificação da cacaucultura se consolidou há décadas. Nesses cenários, as pesquisas passaram a se concentrar na busca por alternativas para mitigar os impactos ambientais associados aos sistemas intensivos e promover práticas mais sustentáveis dentro da cadeia (Alemagi et al., 2015; Amerino; Apedo; Anang, 2024; Andres et al., 2016; Antepim-Appiah, 2017). Em contraste, no continente americano — onde a intensificação encontra-se em processo de expansão — a literatura tem priorizado a identificação de fatores que influenciam a tomada de decisão dos produtores entre sistemas agroflorestais e plantios intensificados, destacando aspectos econômicos, sociais e institucionais associados a esse processo (Vasco et al., 2021; Veloso et al., 2025).

Tabela 2-1 Fatores que influenciam a adoção de sistemas de cultivo intensificados, segundo a revisão de literatura.

Fatores	Motivação	Sentido da associação	Referência
Econômicos	Aumento da produtividade por planta (n = 7)	Positiva: maior produtividade esperada estimula a adoção	Yamoah et al., (2021); Kaba et al., (2020); Windlin (2021); Somarriba & Lopez-Sampson (2018); Veloso et al., (2025); Kouassi et al., (2021); Feintrenie et al., (2010)
Socio-cultural	Tradições agrícolas, conhecimento intergeracional e identidade com o local (n = 2)	Negativa: quanto mais forte o apego a práticas tradicionais e a identidade local, menor a propensão à intensificação	Somarriba & Lopez-Sampson (2018); Vasco et al. (2021)
Técnico-produtivas	Uniformização do plantio (n = 3)	Positiva: simplificação do manejo favorece a adoção	Kaba et al., (2020); Feintrenie et al., (2010); Andres et al., (2016)
	Controle fitossanitário mais fácil (n = 6)	Positiva: a percepção de que a simplificação oferece maior facilidade no controle de pragas e doenças favorece a adoção	Yamoah et al., (2021); Antepim-Appiah (2017); Gyau et al., (2014); Veloso et al., (2025); Feintrenie et al., (2010); Atkins & Eastin (2012); Andres et al., (2016)
Características do produtor	Escolaridade (n = 3)	Positiva: maior escolaridade tende a aumentar a adoção	Yamoah et al., (2021); Kaba et al., (2020);
		Negativa: quanto maior a escolaridade, maior a propensão de diversificar o plantio	Vasco et al., (2021)
	Idade (n = 3)	Negativa: quanto maior a idade, maior a propensão de diversificar o plantio	Kouassi et al., (2021; 2023); Vasco et al., (2021)

	Tempo de residência na região (n = 2)	Negativa: maior tempo na região favorece o apego a práticas tradicionais	Kouassi et al., (2021; 2023)
	Incentivado por terceiros (amigos, familiares, vizinhos ou instituições) (n = 2)	Positiva: recomendações ou exemplos aumentam a chance de adoção	Windlin (2021); Somarriba & Lopez-Sampson (2018)

A revisão de literatura evidencia que fatores econômicos, características individuais dos produtores e elementos estruturais moldam o processo de intensificação da cacauicultura em diferentes contextos. À luz desse referencial, torna-se fundamental compreender como tais fatores se manifestam no Polo Produtivo da Transamazônica, especialmente em um cenário no qual a intensificação se encontra em curso. A seguir, apresenta-se a caracterização dos participantes do estudo, etapa necessária para contextualizar os resultados empíricos.

b. Caracterização dos participantes

Esta seção apresenta o perfil socioeconômico e produtivo dos agricultores entrevistados, permitindo situar os resultados à luz das dinâmicas locais de produção e das tendências identificadas na literatura. A Tabela 3-1 apresenta a caracterização descritiva dos produtores entrevistados, organizada em grupos amostrais (Grupo Pleno Sol e Grupo SAF). Observam-se diferenças em idade, tempo de residência e motivações declaradas, que fornecem um panorama inicial do perfil dos produtores. Entretanto, para identificar quais fatores estão de fato associados à intensificação, foram utilizados modelos de regressão logística apresentados na Tabela 4-1.

Observa-se que há uma predominância de homens na amostra, existindo uma leve diferença entre os grupos: 78,6% dos entrevistados do Grupo Pleno Sol eram homens, comparados com 62,5% do Grupo SAF. A média de idade dos produtores, por sua vez, foi significativamente maior no grupo Grupo SAF ($45,3 \pm 6,1$ anos) do que no grupo Grupo Pleno Sol ($31,7 \pm 8,4$ anos). O tempo médio de residência na comunidade foi maior no grupo Grupo SAF ($22,5 \pm 10,4$ anos) em comparação ao Grupo Pleno Sol ($18,9 \pm 7,2$). A média Grupo SAF anos de estudo foi ligeiramente superior no Grupo Pleno Sol ($11,2 \pm 2,3$) em relação ao Grupo SAF ($9,8 \pm 3,1$). A participação em associações ou sindicatos também variou entre os grupos: 43,8% dos produtores do Grupo SAF relataram participar, enquanto no Grupo Pleno Sol esse percentual foi apenas de 21,4%.

A motivação econômica foi significativamente maior entre os produtores do Grupo Pleno Sol (85,7%) do que no Grupo SAF (6,5%). A motivação técnico-produtiva apareceu em proporções semelhantes nos dois grupos, sendo citada por 50% dos produtores de Grupo Pleno Sol e 68,8% do Grupo SAF. As motivações socioculturais e incentivos por terceiros foram mais comuns entre produtores do Grupo SAF (32,2% e 25%, respectivamente) do que entre os do Grupo Pleno Sol (7,1% e 0%, respectivamente).

Tabela 3-1 – Distribuição de frequência (%) de sexo, idade, educação, tempo na comunidade e participação em associação ou sindicato por grupo amostral.

Características	Grupo Pleno Sol (n = 14)	Grupo SAF (n = 16)
Variáveis categóricas (frequência)		
<i>Sexo</i>		
F	21,4	37,5
M	78,6	62,5
<i>Motivações</i>		
Econômica	85,7	6,5
Técnico-produtiva	50	68,8
Sociocultural	7,1	31,2
Incentivado por terceiros	0	25
<i>Associação ou Sindicato</i>		
Não	78,6	56,2
Participa	21,4	43,8
Total	100	100
Variáveis contínuas (média \pm dp)		
Idade	31,7 \pm 8,4	45,3 \pm 6,1
Educação (anos)	11,2 \pm 2,3	9,8 \pm 3,1
Tempo na comunidade (anos)	18,9 \pm 7,2	22,5 \pm 10,4

c. Motivações da intensificação na cacaucultura

Para examinar de forma quantitativa os fatores associados à intensificação, foram estimados modelos de regressão logística cujos resultados são apresentados a seguir. Abaixo, na Tabela 4-1, estão dispostos os resultados dos três melhores modelos multivariados de regressão logística, que estimam a probabilidade de adotar um sistema Pleno Sol em comparação ao sistema agroflorestal. O primeiro modelo, seguindo o critério da parcimônia, destacou a idade e a motivação econômica como fatores centrais para explicar a decisão por intensificação. Nos resultados do modelo, produtores mais jovens apresentaram maior propensão a adotar sistemas a pleno sol, enquanto a

motivação econômica foi o fator mais associado à intensificação, aparecendo como a principal justificativa na amostra.

No segundo modelo, acrescentou-se a motivação técnico produtiva, mas essa variável não se apresentou relevante para diferenciar os grupos estudados. Embora houvesse um pequeno aumento na capacidade explicativa do modelo, o resultado sugere que fatores técnicos não exercem a mesma influência que a idade e motivação econômica na decisão por intensificar. Em suma, os dois modelos convergiram ao identificar a motivação econômica como principal fator associado à intensificação. A idade também se mostrou como um preditor relevante, com significância marginal no modelo 1.

Adicionalmente, as odds ratios foram convertidas em probabilidades estimadas, de modo a facilitar a compreensão dos resultados. Considerando uma probabilidade basal de 46,7% de um produtor pertencer ao Grupo Pleno Sol, observou-se que a presença de motivação econômica-financeira elevou essa chance para aproximadamente 100%, refletindo a magnitude dessa variável nos modelos. Em contrapartida, a motivação técnico-produtiva reduziu essa probabilidade a apenas 5%, embora sem significância estatística. Já a variável idade, apresentou uma associação negativa com a intensificação, com uma redução de probabilidade para cerca de 36 a 40% nos modelos testados, para idades mais avançadas. Esses resultados reforçam a importância das motivações econômicas como principal fator associado à intensificação.

Tabela 4-1 - Modelos de regressão logística para estimar a probabilidade de adoção do sistema Pleno Sol em relação ao SAF, com variáveis socioeconômicas e motivacionais (Odds Ratio e p-valor).

Preditores	Modelo 1 - Econômico + Idade	Modelo 2 - Econômico + Idade + Motivação técnico-produtiva
Idade	0,76 (p=0,134)	0,66 (p=0,169)
Motivação econômico-financeira	$1,30 \times 10^4$ (p=0,083) †	$2,84 \times 10^5$ (p=0,131)
Motivação técnico-produtiva	-	0,06 (p=0,389)
Observações	28	28
AICc	17,60	18,60
Δ AICc	0,00	1,00
AICc peso	0,572	0,242
Pseudo-R ² (Tjur)	0,77	0,79

† p < 0,10 * p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001

4. Discussão

A discussão foi organizada em torno de quatro grandes temas: (i) as motivações econômicas e a racionalidade produtiva que impulsionam a intensificação; (ii) a dimensão geracional e comportamental na tomada de decisão; (iii) conhecimento técnico, cultural e incentivos externos e (iv) as implicações estruturais e políticas para a sustentabilidade da cadeia cacauceira.

a. As motivações econômicas e a racionalidade produtiva que impulsionam a intensificação

A revisão de literatura revelou que a motivação econômica é o principal motor da intensificação do cacau, sobretudo pela percepção de maiores produtividades por hectare e de um retorno mais rápido do investimento (Somarriba; Lopez-Sampson, 2018; Veloso et al., 2025; Yamoah et al., 2021). Esse padrão se repete em diferentes contextos geográficos e evidencia uma racionalidade orientada para o curto prazo. Estudos realizados na Amazônia brasileira destacaram que, ao serem questionados sobre as vantagens do sistema a pleno sol, produtores mencionaram exclusivamente aspectos econômicos (Veloso et al., 2025). Esse padrão sugere que a percepção sobre o modelo intensificado está fortemente associada à essa motivação, limitando a consideração de outros critérios na tomada de decisão. Em suma, os produtores tendem a priorizar retornos econômicos imediatos, mesmo que isso possa estar atrelado a riscos.

Diante desses resultados, a intensificação para os produtores rurais é, sobretudo, uma estratégia econômica para aumentar a renda por hectare. Tal como apontado por Gyau et al. (2014) e Andres et al. (2016), essa escolha não decorre apenas de preferências individuais, mas também de um contexto de mercado que não valoriza alternativas sustentáveis e diversificadas, como as agroflorestas. Com produtores sem acesso à benefícios, como créditos rurais específicos a esses modelos, ausência de assistência técnica adequada, e outros fatores, a intensificação surge como uma alternativa à ausência de incentivos para valorização de sistemas agroflorestais. Esse padrão também aparece em estudos internacionais que demonstram que, na ausência de instrumentos de apoio financeiro, assistência técnica ou mercados diferenciados, os produtores tendem a optar por sistemas de maior retorno imediato, ainda que associados a custos ambientais e econômicos elevados no longo prazo (Armengot et al., 2018; Niether et al., 2020; Mattalia et al., 2022).

Além disso, embora a literatura aponte que a busca por retornos financeiros mais rápidos seja um dos principais motivadores da intensificação, é importante reconhecer que “retorno” para os agricultores não se limita apenas ao indicador monetário. Estudos sobre agricultura familiar e sistemas produtivos mostram que produtores atribuem valor a múltiplas dimensões, incluindo estabilidade produtiva, menor exposição a riscos, autonomia no manejo, identidade produtiva e

continuidade intergeracional da propriedade (van der Ploeg, 2010; Renting; Marsden, 2003). Nesse sentido, a avaliação feita pelos produtores sobre o “retorno” de cada sistema é moldada pelo modo como experimentam risco, tempo e estabilidade – elementos já identificados em estudos de adoção tecnológica e racionalidades rurais (Feder et al., 1985; Long, 2001). Assim, a intensificação pode ser compreendida simultaneamente como uma busca por maior rendimento e como uma resposta às formas locais de interpretar valor, risco e futuro.

b. A dimensão geracional e comportamental na tomada de decisão

O perfil dos produtores entrevistados no presente estudo apontou diferenças importantes entre os grupos analisados. A idade menor dos produtores do Grupo Pleno Sol sugere que a adoção de sistemas intensificados pode estar associada ao perfil da nova geração de agricultores, que estão mais dispostos a assumir riscos e adotar modelos produtivos que tenham retornos financeiros mais rápidos. Os resultados convergem com estudos realizados no estado do Pará, que identificaram um padrão similar na adoção de monocultivos de cacau em Ourilândia do Norte, estado do Pará, por jovens (Da Paixão Alves et al., 2025).

No contexto do estudo, durante as entrevistas os produtores mais jovens relataram interesse em renovar as lavouras de cacau da família, que eram compostas em muitos casos por sistemas agroflorestais com mais de 50 anos, com monocultivos. Além disso, desejavam atingir maiores produtividades e retornos mais rápidos, ainda que cientes dos riscos do pleno sol. Esse resultado corrobora com evidências na literatura que sugerem o mesmo padrão no caso na África Ocidental, na Costa do Marfim, que sugerem que produtores mais jovens estão mais propensos a adotar modelos a pleno sol (Kouassi et al., 2021; Ruf, 2011; Ruf et al., 2004).

Aplicado ao contexto da presente pesquisa, esse padrão comportamental pode levar a um rápido desenvolvimento regional nos próximos anos, às custas da degradação do bioma amazônico no estado do Pará, motivado pela adoção e expansão de sistemas de uso intensivo de produtores mais jovens (Santos; Crouzeilles; Sansevero, 2019). O achado de que a variável idade exerce influência significativa reforça a necessidade de políticas focadas em jovens produtores, especialmente programas de capacitação e extensão que demonstrem os ganhos econômicos e ambientais de longo prazo dos SAFs. Sem esse apoio, o impulso geracional pode acelerar a conversão de agroflorestas em monocultivos e ampliar os riscos ambientais regionais.

c. Conhecimento técnico, cultural e incentivos externos

Embora o fator técnico-produtivo tenha aparecido de forma menos expressiva nos modelos, sua associação negativa com a intensificação indica que produtores que valorizam questões relacionadas ao manejo e a produção são menos propensos a adotar sistemas intensificados (Andres et al., 2016; Veloso et al., 2025). O resultado converge com outros trabalhos realizados na Amazônia, indicando que o conhecimento sobre sistemas diversificados atua negativamente na tomada de decisão por sistemas simplificados (Andres et al., 2016; Veloso et al., 2025).

Cabe ressaltar que o trabalho evidencia um contraste entre os dados colhidos na Amazônia com o contexto Africano, que constitui a principal referência sobre intensificação do cacau na literatura. Enquanto os estudos realizados na África Ocidental ressaltam a importância do fator técnico-produtivo associado ao econômico, como motor para intensificação (Antepim-Appiah, 2017; Gyau et al., 2014; Yamoah et al., 2021), os achados desse estudo sugerem que o fator econômico assume um papel preponderante frente aos demais.

As motivações socioculturais e incentivados por terceiros não foram significativas no presente estudo, mas foram consideradas relevantes em outros estudos. Em relação aos motivos socioculturais, Somarriba & Lopez-Sampson (2018) e Vasco et al. (2021) comentam que a tradução cultural e o conhecimento intergeracional influenciam a manutenção dos sistemas agroflorestais na América Latina, agindo como uma barreira contra a intensificação. Já em relação ao incentivo de terceiros, Windlin (2021) ressalta que a adoção de sistemas intensificados é influenciada diretamente por atores externos, como empresas compradoras e extensionistas, que criam pressões normativas para adoção desses modelos. Acredita-se que tais motivações não foram significativas no presente estudo pelas diferenças entre o contexto africano, onde a maior parte dos estudos foram realizados, e a brasileira e pela amostra limitada no presente estudo.

A participação em associações não apresentou influência significativa na decisão dos produtores em intensificar seus cultivos. Todavia, na literatura, esse fator aparece como relevante, tendo em vista que atores externos reforçam pressões normativas em seus cooperados ou associados (Windlin, 2021; Krumbiegel; Tillie, 2024). Acredita-se que a baixa abrangência dessas instituições na região corroborou para os resultados.

Quanto ao papel de atores externos (empresas, extensionistas e associações), a ausência de efeito significativo no modelo possivelmente reflete a baixa densidade institucional e organizativa da cadeia no local. Em contextos em que essas estruturas são mais consolidadas, como relatado por Windlin (2021), há evidências de pressões normativas que favorecem a adoção de sistemas intensificados. Cabe ressaltar que, durante as entrevistas, observou-se a ausência de assistência técnica pública entre os produtores entrevistados. Aqueles que recebiam algum tipo de apoio técnico o faziam por meio de contratação particular ou por intermédio de arranjos estabelecidos com as empresas compradoras de amêndoas.

d. Implicações estruturais e políticas para a sustentabilidade da cadeia cacauceira

De forma integrada, os resultados indicam que políticas públicas de incentivos econômicos e crédito rural devem considerar que a motivação econômica é um dos principais motores da intensificação agrícola. Evidências da literatura mostram que instrumentos financeiros mal calibrados podem reforçar trajetórias produtivas ambientalmente custosas quando não incorporam critérios socioambientais em sua formulação (Feder; Just; Zilberman, 1985; Pascual et al., 2017). No caso da cadeia do cacau, a oferta de crédito que ignore a tendência de intensificação pode favorecer sistemas a pleno sol, ampliando riscos produtivos e ambientais no longo prazo.

Dessa forma, instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e certificações que valorizem o cacau agroflorestal, podem desempenhar papel estratégico ao tornar alternativas mais competitivas sob a ótica econômica ao produtor. Relacionado a esse ponto, a Lei nº 14.877/24, de 4 de junho de 2024, que cria a Política Nacional de Economia Circular prevê a criação de selos Verdes direcionados para cultivos de cacau agroflorestais na Amazônia, visando incentivar boas práticas ambientais na cadeia, e tem potencial de impulsionar esse sistema de cultivo (Brasil, 2024). Outro ponto que merece destaque na formulação de políticas é o direcionamento delas ao público mais jovens, que tem maior tendência a intensificar (Sundarassen; Rajagopalan; Ibrahim, 2025). Políticas de capacitação e extensão rural voltada a esse público podem ampliar os conhecimentos sobre os benefícios produtivos e ambientais dos SAFs, e equilibrar a tomada de decisão entre eles.

e. Limitações e recomendações para próximos estudos

Por último, esse estudo apresenta algumas limitações que precisam ser consideradas ao interpretar os resultados. Em primeiro lugar, o número reduzido de entrevistas restringe a generalização dos resultados e limitou a inclusão de variáveis e interações mais complexas nos modelos estatísticos. Além disso, a amostra utilizada não foi aleatória, o que reforça o caráter exploratório da análise e recomenda cautela na extrapolação dos achados para outros contextos. Apesar disso, os resultados oferecem indícios relevantes sobre os fatores que influenciam a intensificação do cacau na região da Transamazônica, e apontam a necessidade de estudos futuros com amostras mais amplas e representativas.

Recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a compreensão sobre os demais aspectos aqui levantados, com uma amostra maior e aleatória. Investigações qualitativas, que explorem percepções, valores e redes de influência social, podem complementar as análises quantitativas e revelar motivações não captadas por modelos estatísticos. Além disso, estudos comparativos entre

polos cacauzeiros da Amazônia poderiam identificar variações regionais na adoção de sistemas intensificados e nas dinâmicas de tomada de decisão.

5. Conclusão

Os resultados desta pesquisa evidenciam que o processo de intensificação nos cultivos de cacau na região produtiva da Transamazônica paraense está fortemente associada a fatores econômicos e geracionais, indicando que produtores mais jovens tendem a priorizar retornos econômicos rápidos por meio dos modelos a pleno sol. Fatores socioculturais e técnico-produtivos, embora sem significância estatística, também influenciam a manutenção de sistemas sombreados, indicando que a escolha do sistema de cultivo resultado de uma combinação complexa de interesses econômicos, valores culturais e conhecimentos adquiridos.

A comparação com a experiência africana revela um alerta para a cadeia de cacau na Amazônia. Países como Gana e Costa do Marfim, onde a intensificação foi amplamente adotada, enfrentam hoje queda acentuada de produtividade, redução da vida útil dos cacauzeiros e maior vulnerabilidade climática, resultando na maior presença de pragas e doenças. Esses efeitos ainda não são perceptíveis na Amazônia, devido à recente introdução dos cultivos a pleno sol na região, indicando que ganhos iniciais acentuados de produtividade podem esconder problemas de médio a longo prazo. Assim, compreender esse processo enquanto ele está em curso oferece uma oportunidade para antecipar e mitigar esses impactos negativos, evitando que se repitam nesse polo produtivo.

Nesse sentido, políticas públicas e instrumentos de mercado devem internalizar os benefícios socioambientais de sistemas agroflorestais, de modo a aumentar vantagem produtiva dos SAFs em relação ao pleno sol. Medidas como Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), diferenciação no preço pago ao cacau de origem agroflorestal e linhas de crédito específicas para SAF podem equilibrar as decisões produtivas. Essas estratégias precisam considerar as diferenças geracionais e as percepções de riscos dos produtores, garantindo que os jovens encontrem atratividade na manutenção de sistemas diversificados.

Por fim, como a principal motivação para adoção desses sistemas intensificados é de ordem econômica, recomenda-se que sejam realizados estudos aprofundados sobre a rentabilidade desses modelos no curto, médio e longo prazo. É de grande relevância verificar se a percepção de lucratividade que sustenta a decisão de intensificação se confirma, tendo em consideração todos os custos e benefícios envolvidos na produção de ambos os sistemas de cultivo analisados no presente estudo. Também se recomenda que futuros estudos aumentem a amostra para encontrar novas relações entre as características e motivações dos produtores.

6. Referências bibliográficas

- AHENKORAH, Y. et al. Twenty years' results from a shade and fertilizer trial on Amazon cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Experimental Agriculture*, v. 23, n. 1, p. 31–39, 1987.
- ALBERT, Steven; DUFFY, John. Differences in risk aversion between young and older adults. *Neuroscience and Neuroeconomics*, p. 1–9, fev. 2012.
- ALEMAGI, Dieudonne et al. Intensification of cocoa agroforestry systems as a REDD+ strategy in Cameroon: hurdles, motivations, and challenges. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 187–203, 3 jul. 2015.
- ALTAMIRA. Prefeitura Municipal. Ouro do Xingu: Altamira produz mais de sete mil toneladas de amêndoas de cacau. 2024. Disponível em: <https://altamira.pa.gov.br/ouro-do-xingu-altamira-produz-mais-de-sete-mil-toneladas-de-amendoas-de-cacau/>. Acesso em 21 de novembro de 2025.
- ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. Effects of agroforestry systems on the ecology and management of insect pest populations. In: GURR, G. M.; WARING, P. (org.). *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*. Collingwood: CSIRO Publishing, 2004. p. 143–155.
- AMERINO, Joseph; APEDO, Clever Kwasi; ANANG, Benjamin Tetteh. Factors influencing adoption of cocoa agroforestry in Ghana: Analysis based on tree density choice. *Sustainable Environment*, v. 10, n. 1, p. 2296162, 31 dez. 2024.
- AMPONSAH-DOKU, Betty et al. Improving soil health and closing the yield gap of cocoa production in Ghana – A review. *Scientific African*, v. 15, p. e01075, mar. 2022.
- ANDARU, F. Mario. Cost-benefit analysis of corporate investments in tropical forest restoration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1447, n. 1, p. 012029, 1 jan. 2025.
- ANDRES, Christian et al. Cocoa in monoculture and dynamic agroforestry. In: LICHTFOUSE, Eric (org.). *Sustainable Agriculture Reviews*. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 19, p. 121–153.
- ANTEPIM-APPIAH, Benjamin. *Identifying farmers' motivation to retain shade trees for REDD+ implementation in cocoa landscape in Goaso Forest District, Ghana*. 2017. (Relatório/monografia).
- ARMENGOT, L.; et al. Profitability of cacao agroforestry systems and monocultures under conventional and organic management. *Agronomy for Sustainable Development*, 2018.

ASANTE, Paulina A. et al. Climate change impacts on cocoa production in the major producing countries of West and Central Africa by mid-century. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 362, p. 110393, mar. 2025.

BANDELJ, Nina; LANUZA, Yader R.; KIM, Julie S. Gendered Relational Work: How gender shapes money attitudes and expectations of young adults. *Journal of Cultural Economy*, v. 14, n. 6, p. 765-784, 2021.

BENNETT, Elena M. et al. Ecosystem services and the resilience of agricultural landscapes. In: *ADVANCES IN ECOLOGICAL RESEARCH*. [S.l.]: Elsevier, 2021. v. 64, p. 1-43.

BENTES-GAMA, Michelliny de Matos et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste-RO. *Revista Árvore*, v. 29, n. 3, p. 401-411, jun. 2005.

BEULE, Lukas; VAUPEL, Anna; MORAN-RODAS, Virna Estefania. Abundance, diversity, and function of soil microorganisms in temperate alley-cropping agroforestry systems: a review. *Agroforestry Systems*, 2022. (Online first).

BOPP, Carlos et al. The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, v. 244, p. 320-327, ago. 2019.

BORGONOVO, E.; PECCATI, L. Sensitivity analysis in investment project evaluation. *International Journal of Production Economics*, v. 90, n. 1, p. 17-25, jul. 2004.

BRASIL. Lei nº 14.877, de 4 de junho de 2024. Institui a Política Nacional de Economia Circular e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 jun. 2024.

BRUGGER, Margit. *Globalização e desenvolvimento*. 2007. (Livro/Relatório).

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. 2. ed. New York: Springer, 2002.

CECHIN, Andrei; DA SILVA ARAÚJO, Victor; AMAND, Louise. Exploring the synergy between Community Supported Agriculture and agroforestry: Institutional innovation from smallholders in a Brazilian rural settlement. *Journal of Rural Studies*, v. 81, p. 246-258, jan. 2021.

CLOUGH, Yann; FAUST, Heiko; TSCHARNTKE, Teja. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation Letters*, v. 2, n. 5, p. 197-205, out. 2009.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. *Panorama e tendências da cacauicultura brasileira*. Brasília: CNA, 2021. 48 p. (Coleção CNA, Série Estudos; n. 215 – Cacau).

DA PAIXÃO ALVES, Vanessa et al. The cocoa bioeconomy in the eastern Amazon: An integrated analysis of production, environmental degradation perceptions and

socioeconomic factors among farmers. *Agricultural Systems*, v. 229, p. 104428, out. 2025.

DAN, Kasumi. The role of mental accounting in risk-taking and spending: a meta-analysis of the house-money effect. *Frontiers in Psychology*, v. 16, p. 1549626, 2025.

DE OLIVEIRA, Gilmara Maureline Teles da Silva et al. Viabilidade bioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia: estudo de caso em Tomé-Açu – Pará. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 14, n. 12, p. 21262–21284, 12 dez. 2023.

FEDER, G.; JUST, R. E.; ZILBERMAN, D. Adoption of agricultural innovations: a review. *Economic Development and Cultural Change*, v. 33, n. 2, p. 255–298, 1985.

FEINTRENIE, Laurène; SCHWARZE, Stefan; LEVANG, Patrice. Are local people conservationists? Analysis of transition dynamics from agroforests to monoculture plantations in Indonesia. *Ecology and Society*, v. 15, n. 4, p. art37, 2010.

GASPARINETTI, Pedro et al. Economic feasibility of tropical forest restoration models based on non-timber forest products in Brazil, Cambodia, Indonesia, and Peru. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1878, 9 nov. 2022.

GYAU, Amos et al. Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 1035–1045, dez. 2014.

HASAN, Sheikh Md. Nahid et al. Techno-economic performance and sensitivity analysis of an off-grid renewable energy-based hybrid system: A case study of Kuakata, Bangladesh. *Energies*, v. 17, n. 6, p. 1476, 19 mar. 2024.

HENKEL, Karl; AMARAL, Idemê Gomes. Análise agrossocial da percepção de agricultores familiares sobre sistemas agroflorestais no nordeste do estado do Pará, Brasil / Agrosocial analysis of the family farmers' perception on agroforestry systems in northeastern Pará state, Brazil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 3, n. 3, 2008. (Ajustado como periódico provável).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Malhas territoriais digitais e base cartográfica do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias>. Acesso em: 30 out. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados*: Altamira–PA. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal – PAM 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INGRAM, Verina et al. The impacts of cocoa sustainability initiatives in West Africa. *Sustainability*, v. 10, n. 11, p. 4249, 17 nov. 2018.

ISAAC, Marney E. et al. A strategy for tree-perennial crop productivity: nursery phase nutrient additions in cocoa-shade agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, v. 81, n. 2, p. 147–155, fev. 2011.

JAGORET, Patrick; MICHEL-DOUNIAS, Isabelle; MALÉZIEUX, Eric. Long-term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, v. 81, n. 3, p. 267–278, mar. 2011.

JOAQUIM, Máisa Santos et al. Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agrofloretais. *CERNE*, v. 21, n. 3, p. 439–447, set. 2015.

KABA, James S.; OTU-NYANTEH, Alexander; ABUNYEWA, Akwasi A. The role of shade trees in influencing farmers' adoption of cocoa agroforestry systems: Insight from semi-deciduous rain forest agroecological zone of Ghana. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 92, n. 1, p. 1–7, 1 dez. 2020.

KNOKE, Thomas et al. When considering uncertainty, agroforestry can reduce trade-offs between economic and ecological benefits. *Agroforestry Systems*, v. 99, n. 5, p. 126, jun. 2025.

KOUASSI, Jean-Luc et al. Exploring barriers to agroforestry adoption by cocoa farmers in South-Western Côte d'Ivoire. *Sustainability*, v. 13, n. 23, p. 13075, 25 nov. 2021.

KOUASSI, Jean-Luc et al. Drivers of cocoa agroforestry adoption by smallholder farmers around the Taï National Park in southwestern Côte d'Ivoire. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 14309, 31 ago. 2023.

KRISHNAMURTHY, L.; KRISHNAMURTHY, P. K.; RAJAGOPAL, I.; SOLARES, A. P. Can agroforestry systems thrive in the drylands? Characteristics of successful agroforestry systems in the arid and semi-arid regions of Latin America. *Agroforestry Systems*, v. 93, p. 503–513, 2019.

KRUMBIEGEL, Katharina; TILLIE, Pascal. Sustainable practices in cocoa production. The role of certification schemes and farmer cooperatives. *Ecological Economics*, v. 222, p. 108211, 2024.

LALANI, Baqir et al. Shade versus intensification: Trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? *Agricultural Systems*, v. 214, p. 103814, fev. 2024.

LONG, N. Development sociology: actor perspectives. London: Routledge, 2001.

LOUREIRO, João Paulo Borges de et al. Viabilidade econômica da produção de cacau em um sistema de rotação com as culturas de pimenta-do-reino e maracujá no município de Tomé-Açu-PA. *Revista Brasileira de Administração Científica*, v. 12, n. 3, p. 358–373, 29 jun. 2021.

MALAJCZUK, G.; MOORE, R.; ANDERSON, G. The economics of agroforestry with pine and pasture in the 500 to 700 mm annual rainfall zone of Western Australia. *Agroforestry Systems*, v. 33, n. 1, p. 51–74, jan. 1996.

MATTALIA, Giulia et al. Contribution of cacao agroforestry versus mono-cropping systems for enhanced sustainability: A review with a focus on yield. *Agroforestry Systems*, v. 96, n. 7, p. 1077–1089, out. 2022.

MENDES, F. A. T. A importância da cultura do cacau para a Amazônia. In: MENDES, F. A. T. (Org.). *Economia do cacau na Amazônia*. Belém: UNAMA, 2005.

MENDES, F. A. T.; MOTA, J. W. S.; LIMA, E. L. Situação atual da cacauicultura no estado do Pará: atualização conjuntural e perspectivas. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina, 2007.

MONTEIRO, V. Cacau: 30 pesquisas sobre cacauicultura estão sendo desenvolvidas na Transamazônica. 2 fev. 2024. Disponível em: https://novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3613. Acesso em: 21 de novembro de 2025.

NIETHER, Wiebke et al. Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 10, p. 104085, 1 out. 2020.

OBIRI, Beatrice Darko et al. Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. *Agroforestry Systems*, v. 71, n. 2, p. 139–149, 4 set. 2007.

OWUSU, Victor et al. Farmer perceptions and economic performance of cocoa agroforestry shade levels in Ghana. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 41, n. 10, p. 922–940, 26 nov. 2022.

P. P. BRAGA, Daniel et al. Good life in the Amazon? A critical reflection on the standard of living of cocoa and cattle-based smallholders in Pará, Brazil. *World Development Perspectives*, v. 31, p. 100520, set. 2023.

PARAENSE, Vinicius de Campos et al. Viabilidade econômica de cacauzeiros em sistemas agroflorestais no projeto de desenvolvimento sustentável Virola Jatobá, Anapu–PA. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 9, p. 63270–63285, 21 set. 2022.

PARRA-PAITAN, Claudia; VERBURG, Peter H. Accounting for land use changes beyond the farm-level in sustainability assessments: The impact of cocoa production. *Science of The Total Environment*, v. 825, p. 154032, jun. 2022.

PASCUAL, U. et al. Valuing nature's contributions to people. *PNAS*, v. 114, p. 10237–10245, 2017.

QUINKENSTEIN, Ansgar; FREESE, Dirk; SCHNEIDER, Bernd Uwe. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science*, 2009. (Capítulo/relato técnico, sem demais dados).

RAMÍREZ, O. A. et al. Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. *Agroforestry Systems*, v. 51, p. 141–154, 2001.

RENTING, H.; MARSDEN, T. K.; BANKS, J. Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development. *Environment and Planning A*, v. 35, p. 393–411, 2003.

RICE, Robert A.; GREENBERG, Russell. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 29, n. 3, p. 167–173, maio 2000.

RODRIGUES, M. B.; SILVA, C. A. M.; CHONG-SILVA, D. C.; CHONG-NETO, H. J. Pesticides and human health. *Jornal de Pediatria*, v. 101, supl. 1, p. S70–S76, 2025.

ROGNA, Marco; TILLIE, Pascal. An analysis of cocoa market fundamentals and price transmission in the cocoa value chain. 2025. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=5118160>. Acesso em: 27 mar. 2025.

RUF, François et al. Chocolate forests and monocultures: a historical review of cocoa growing and its conflicting role in tropical deforestation and forest conservation. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*, v. 6, p. 107–134, 2004.

RUF, François Olivier. The myth of complex cocoa agroforests: the case of Ghana. *Human ecology*, v. 39, n. 3, p. 373–388, 2011.

RUF, François; ZADI, Honoré. Cocoa: from deforestation to reforestation. In: *First International Workshop on Sustainable Cocoa Growing*, 1998. (Anais).

SANTANA, Paula Jaqueline Antes et al. Identification and use of latent variables in the analysis of the effects of certification on cocoa farms in the Transamazon. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. e010781, 15 jan. 2025.

SANTHYAMI; ROZIATY, Efri; SUPARTI. Trade-off between carbon offset and economic benefit: Potential of cocoa-based agroforestry system implemented in voluntary carbon market. 2 nov. 2023. (Preprint/relatório).

SANTOS, Pedro Zanetti Freire; CROUZEILLES, Renato; SANSEVERO, Jerônimo Boelsums Barreto. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 433, p. 140–145, fev. 2019.

SANTOS, D. R. S.; SILVA, M. M. Agrobiodiversidade em áreas cultivadas com cacau em Altamira-Pará, Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 12, n. 3, 2017.

SCHNEIDER, M. et al. Cocoa and total system yields of organic and conventional agroforestry vs. monoculture systems in a long-term field trial in Bolivia. *Experimental Agriculture*, v. 53, n. 3, p. 351–374, jul. 2017.

SEDAP; CEPLAC; FUNCACAU. Previsão de Safra de Cacau no Estado do Pará. Belém, 2023.

SILVA, T. O.; ROCHA, C. G. S. O meu barco eu não deixo, não: direito de uso das terras do Parque Nacional Serra do Pardo pelos beiradeiros, Pará, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 7, n. 10, p. 1–20, 2018.

SILVA NETO, P. J. Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, PA: CEPLAC, 2001. 125 p. (ISSN 0102-5511).

SOMARRIBA, Eduardo et al. Rehabilitation and renovation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 41, n. 5, p. 64, out. 2021.

SOMARRIBA, Eduardo; LOPEZ-SAMPSON, Arlene. *Coffee and Cocoa Agroforestry Systems: Pathways to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change*. 2018. (Relatório/livro técnico).

SUAREZ, Andres; GWOZDZ, Wencke. On the relation between monocultures and ecosystem services in the Global South: A review. *Biological Conservation*, v. 278, p. 109870, fev. 2023.

SWISS PLATFORM FOR SUSTAINABLE COCOA (SWISSCO). Cocoa facts and figures. s.d. Disponível em: <https://www.kakaoplattform.ch/about-cocoa/cocoa-facts-and-figures>. Acesso em: 02 de dezembro de 2025.

TEBKEW, Mekuanent et al. Comparative financial profitability of agroforestry and cereal monocropping practices in Northwestern Ethiopia. *Science of The Total Environment*, v. 996, p. 180164, set. 2025.

TENNHARDT, Lina M. et al. The role of household labour for sustainable intensification in smallholder systems: A case study in cocoa farming systems. *Regional Environmental Change*, v. 24, n. 2, p. 83, jun. 2024.

TERASAWA, Victória de Paula Paiva; GONÇALES FILHO, Manoel; ALMEIDA, Andreza Pereira de. Viabilidade econômico-financeira de sistema agroflorestral no Pará-Brasil: Estudo de caso em Concórdia do Pará. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 10, p. e190111032341, 27 jul. 2022.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, 13 dez. 2011.

TONDOH, Jérôme Ebagnerin et al. Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation*, v. 3, p. 575–595, jan. 2015.

TREMBLAY, S.; LUCOTTE, M.; REVÉRET, J. P.; DAVIDSON, R.; MERTENS, F.; PASSOS, C. J. S.; ROMANA, C. A. Agroforestry systems as a profitable alternative to slash and burn practices in small-scale agriculture of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, v. 89, n. 2, p. 193–204, 2015.

VAAST, Philippe; SOMARRIBA, Eduardo. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: The role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 947–956, dez. 2014.

VASCO, Cristian et al. Determinantes socioeconómicos de la agrobiodiversidad y el monocultivo en la provincia de Esmeraldas. *Ciencia y Tecnología*, v. 14, n. 1, p. 37–44, 30 jun. 2021.

VAN DER PLOEG, J. D. The peasantries of the twenty-first century: the commoditisation debate revisited. *Journal of Peasant Studies*, v. 37, n. 1, p. 1–30, 2010.

VELOSO, Thaynara Cavalcante et al. Sociobioeconomic effects of the transition of cocoa grown in agroforestry systems to full sun in the Amazon. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. e010739, 23 jan. 2025.

VENTURIERI, Adriano et al. The sustainable expansion of the cocoa crop in the state of Pará and its contribution to altered areas recovery and fire reduction. *Journal of Geographic Information System*, v. 14, n. 3, p. 294–313, 2022.

VISWANATH, S.; LUBINA, P. A. Traditional agroforestry systems. In: DOAGAR, J. C.; TEWARI, V. P. (Eds.). *Agroforestry: Anecdotal to Modern Science*. Springer, 2018. p. 91–119.

WAINAINA, Priscilla et al. A review of the trade-offs across different cocoa production systems in Ghana. *Sustainability*, v. 13, n. 19, p. 10945, 1 out. 2021.

WINDLIN, Nathalie. *Farmers' decision-making on shade tree management in cocoa production systems in Ghana*. Master Thesis (MSc in Agricultural Sciences) – ETH Zürich, Department of Environmental Systems Science, 2021. Disponível em: <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ias/sustainable-agroecosystems/Master%20Thesis%20Nathalie%20Windlin.pdf>. Acesso em: 30 out. 2025.

YAMOAH, Fred A. et al. Working towards sustainable innovation for green waste benefits: The role of awareness of consequences in the adoption of shaded cocoa agroforestry in Ghana. *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1453, 30 jan. 2021.

CAPÍTULO II – ENTRE O SOL E A SOMBRA: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE CULTIVO DE CACAU

1. Introdução

A cultura do cacau possui destaque na economia da América Latina. O cacaueiro (*Theobroma cacao*, L.) é uma planta perene de sub-bosque, de ocorrência natural no bioma amazônico. É utilizado na alimentação humana de diversas formas. Sua polpa é utilizada para fabricação de polpas, geléias e outros processados (Landau, 2020), mas sua semente é a principal matéria-prima, utilizada para fabricação de chocolate, *commodity* de elevado alto valor agregado, utilizada para a fabricação de chocolate (Padovan et al., 2022).

Segundo a ICCO (2022), atualmente a cadeia de cacau conta com 6 milhões de produtores ao redor do mundo. Além disso, cerca de 60% da produção global vêm de Gana e Costa do Marfim (FAO, 2021). Dentro do contexto da cadeia mundial de cacau, o Brasil é o sexto maior produtor de cacau no mundo, com cerca de 95 mil produtores (médios e pequenos) e uma área plantada estimada de 700 mil hectares, com áreas médias de 5 a 10 hectares (WCF, 2026; AIPC, 2026). É uma importante cadeia produtiva para o país, gerando mais de 200 mil empregos indiretos e uma renda de 21 bilhões anualmente ao país (AIPC, 2026).

No Brasil, o cultivo do cacau é realizado tradicionalmente em sistemas agroflorestais sombreados (Costa et al., 2023; Silva & Castro, 2021). Estes sistemas são caracterizados pela integração entre árvores de diversos estratos e culturas que requerem sombreamento para se desenvolverem (Nair et al., 2021). São sistemas comuns em países tropicais e importantes em economias emergentes, pela quantidade de empregos gerados na colheita, manejo e processamento dos produtos (Nair et al., 2021).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm se mostrado mais adaptados às mudanças no clima, bem como às agendas de sustentabilidade globais, em comparação a outros sistemas de cultivo. Diversos estudos apontaram que a incidência de pragas, bem como o manejo alternativo por meio de podas e pesticidas orgânicos, reduzem a necessidade de utilização de produtos mais agressivos, mitigando os impactos sobre o ambiente e a saúde humana (Tennhardt et al., 2024; Vaast; Somarriba, 2014). Além disso, o sombreamento prolonga o ciclo produtivo da lavoura, favorecendo outros serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono e a ciclagem de nutrientes, reduzindo ainda a necessidade de abertura de novas áreas para ampliação da área de cultivo (Amerino; Apedo; Anang, 2024). Dessa forma, esses sistemas de cultivo se mostram resilientes sob o ponto de vista ambiental, além de conciliar a produção de cacau com a conservação dos recursos naturais.

Contudo, a literatura indica que existe uma crescente adoção de sistemas de cultivo intensificados de cacau, chamados popularmente de “pleno sol” (Andres et al., 2016; Gyau et al., 2014; Veloso et al., 2025). Esses sistemas de cultivo de cacau atingem maior produtividade na lavoura comparado aos SAFs, especialmente no curto prazo. Isso ocorre por meio da adoção de variedades mais produtivas da planta, derrubada das árvores que fazem sombreamento (o que caracteriza esse modelo como monocultivo), maior uso de insumos químicos e manejo intensivo (Andres et al., 2016; Veloso et al., 2025). Segundo estudo da WCF (2021), a produtividade das matrizes utilizadas nos plantios intensificados chega a 2,5 kg de amêndoas secas por planta, comparado com apenas 1,5 kg no caso dos sistemas agroflorestais.

O movimento de adoção desse sistema também reflete a pressão do mercado internacional, uma vez que a demanda por amêndoas de cacau vem crescendo de forma contínua (Somarriba; Lopez-Sampson, 2018). Nos últimos anos, essa tendência foi acentuada pela quebra de safra em Gana e na Costa do Marfim, os dois maiores produtores mundiais da commodity (Rogna; Tillie, 2025). A queda produtiva nesses países esteve associada a interferências do fenômeno climático El Niño nos padrões de chuva e duração da estação seca no continente africano, que impactou negativamente a produção das lavouras de cacau. Como consequência, a oferta de cacau diminuiu e provocou um aumento expressivo nos preços internacionalmente (Asante et al., 2025; Rogna; Tillie, 2025), fomentando um cenário em que a maior produtividade dos cultivos a pleno sol torna-se de grande interesse para o mercado.

Contudo, a adoção de cultivos intensificados pode resultar em sérios impactos ambientais. A remoção da sombra nos monocultivos leva a um desgaste mais rápido do solo, que necessita ser fertilizado com adubos químicos com maior frequência (Vaast; Somarriba, 2014). No caso dos monocultivos de cacau da Costa do Marfim, o aumento no uso desses insumos externos levou à rápida degradação do solo em diversas unidades produtivas. Como consequência, diversos agricultores abandonaram suas áreas de produção para abrir novas, o que aumentou significativamente o desmatamento no país (Gyau et al., 2014). Além disso, estudos apontam que o uso excessivo de agroquímicos acarretam riscos significativos à saúde humana e levam à perda de biodiversidade (Ugwuoke et al., 2024; Gnanaprakasam & Vanisree, 2022).

A perda de sombreamento, e consequentemente, de serviços ecossistêmicos impacta diretamente às árvores de cacau. Sob o ponto de vista fisiológico, estudos apontam que a remoção do sombreamento leva a um estresse na planta, que fica mais sensível a variações na temperatura, à períodos secos e de muita chuva (Schneider et al., 2017). Adicionalmente, existem evidências que a redução no fornecimento de água à planta leva a menores tamanhos de frutos, tamanho e diâmetro de caule, devido ao mal funcionamento de enzimas, taxa fotossintética e respiração (Yamaoh et al., 2021).

A partir desse estresse fisiológico, monocultivos começam a apresentar declínios acentuados em sua produtividade a partir de 15 anos de cultivo, processo associado tanto à queda da fertilidade do solo quanto ao aumento de incidência de pragas, decorrente da maior fragilidade das plantas (Clough; Faust; Tschardtke, 2009; Schneider et al., 2017). Tal contexto leva à um uso elevado de pesticidas, que por sua vez, geram impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente, sobretudo na contaminação do solo e de mananciais próximos (Tennhardt et al., 2024). Na África Central, por exemplo, o ciclo produtivo mais curto na cultura do cacau teve consequências ambientais maiores, pois levou a abertura de novas áreas e à ampliação do desmatamento, o que teve implicações severas para a biodiversidade local (Gyau et al., 2014).

Assim, a alta produtividade observada nos primeiros anos dos monocultivos está acompanhada de externalidades ambientais que comprometem tanto a sustentabilidade ecológica quanto a segurança socioeconômica de longo prazo (Gyau et al., 2014; Vaast; Somarriba, 2014). Compreender como essas dimensões se manifestam ao longo do tempo é fundamental para avaliar a viabilidade de diferentes sistemas de cultivo. Nesse contexto, este estudo busca avaliar comparativamente a sustentabilidade econômica de sistemas agroflorestais e intensificados de cacau na região produtiva de Altamira (PA), considerando seu comportamento no curto, médio e longo prazo.

Existem diversos estudos que comparem sistemas agroflorestais com monocultivos sob a perspectiva da sustentabilidade ambiental e social (Andres et al., 2016; Lalani et al., 2024; Niether et al., 2020; Vaast; Somarriba, 2014). Embora alguns estudos tenham avaliado a rentabilidade de sistemas agroflorestais em ecossistemas tropicais, a maioria adota horizontes temporais curtos, centrados nos dez primeiros anos de produção (Loureiro et al., 2021; Ramírez et al., 2001; Terasawa; Gonçalves Filho; Almeida, 2022), e outros focam apenas em análises estatísticas de custos ou produtividade (Obiri et al., 2007; Owusu et al., 2022), sem que a evolução dos retornos e custos operacionais seja considerada.

Há também divergências sobre a viabilidade relativa dos sistemas agroflorestais. Enquanto alguns estudos apontam maior rentabilidade dos monocultivos (Yamoah et al., 2021), outros destacam que os sistemas agroflorestais mantêm um desempenho econômico maior (De Oliveira et al., 2023; Gasparinetti et al., 2022). Essas diferenças apontam que são necessários mais estudos comparativos que integram custos, preços e horizontes temporais diferentes sob uma mesma abordagem quantitativa.

A primeira contribuição do estudo está na avaliação detalhada da estrutura de custo dos sistemas de cultivo. Essa dimensão é central para entender os trade-offs econômicos da intensificação agrícola. Estudos sobre soja e dendê na Amazônia indicam que o aumento da produtividade em sistemas intensivos tem sido acompanhado por elevação expressiva dos custos com fertilizantes

e defensivos, o que tende a reduzir a rentabilidade líquido no longo prazo (Cordeiro, 2010). Essa relação também é observada em outros cultivos tropicais, onde o desempenho econômico está atrelado a elevados custos de manutenção (Amponsah-Doku et al., 2022; Parra-Paitan; Verburg, 2022). Em contrapartida, os SAFs tem custos de manutenção decrescentes, graças à ciclagem de nutrientes e a cobertura florestal (Vaast; Somarriba, 2014). Contudo, a literatura carece de estudos que buscaram quantificar essas diferenças de forma longitudinal e comparativa, o que limita a compreensão da rentabilidade dos modelos.

Outra contribuição deste estudo é a incorporação explícita da volatilidade de preços à avaliação econômica. A rentabilidade da cacaucultura é influenciada pelas flutuações do preço internacional do grão, refletindo um padrão de commodities (Rogna; Tillie, 2025). Ainda assim, as comparações econômicas entre sistemas de cultivo não exploram a sensibilidade dos resultados a cenários de mercados diversos (Asante et al., 2025). Dessa maneira, considerar essa dimensão é fundamental para entender a resiliência relativa dos sistemas agroflorestais e monocultivos, especialmente em contextos de risco e incerteza, onde tal volatilidade pode definir a sustentabilidade econômica de cada modelo.

Dessa forma, este estudo se diferencia ao integrar duas dimensões frequentemente tratadas de forma isolada em estudos econômicos: estrutura de custos e volatilidade de preços. Essa abordagem amplia a compreensão dos trade-offs entre produtividade, estabilidade e sustentabilidade financeira, permitindo gerar evidências mais consistentes para orientar produtores, políticas públicas e investimentos no setor.

Como estudo de caso, serão utilizados modelos econômicos baseados em sistemas agroflorestais e monocultivos de cacau da região produtiva da rodovia transamazônica, no estado do Pará. A região foi escolhida por ser a maior produtora de cacau no Brasil atualmente (IBGE, 2024), e por estar passando por um processo de intensificação dos sistemas de cultivo nos últimos anos (Velo et al., 2025). Essa transição acarreta riscos e incertezas para a Amazônia, pois por um lado pode gerar ganhos econômicos rápidos aos produtores, mas por outro pode aumentar a pressão sobre os recursos naturais da região. Portanto, avaliar economicamente esses modelos é fundamental para compreender a cadeia de cacau no estado do Pará, mas também seus potenciais impactos sobre o desenvolvimento regional desse polo produtivo.

2. Metodologia

a. Área de estudo

Os dados utilizados para analisar os sistemas de cacau economicamente foram coletados em propriedades rurais nos municípios de Brasil Novo, Medicilândia, Uruará e Altamira no estado

do Pará, Brasil. Eles compõe uma microrregião conhecida como polo produtivo cacauero da Transamazônica (Santana et al., 2025). A localização e a quantidade de modelos coletados por município estão apresentadas na Figura 1-2.

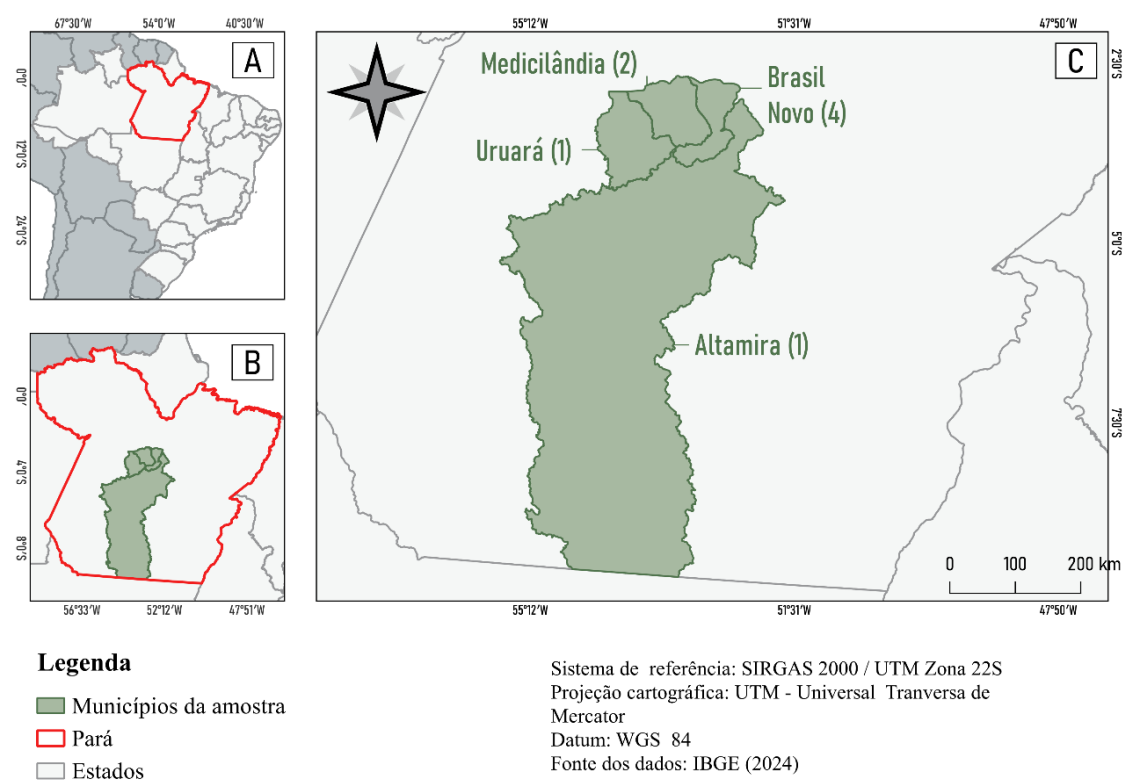


Figura 1-2 - Área do estudo: (1) localização do Pará (Unidade da Federação) no Brasil, (2) municípios onde aconteceu a coleta de dados nos limites do estado do Pará e (3) área de estudo. Fonte: Autor.

O Polo Produtivo da Transamazônica concentra a maior parcela da produção cacauera do Pará, estado que desde 2018 lidera a produção nacional de frutos (CEPLAC, 2023; SEDAP; CEPLAC; FUNCACAU, 2023). A dinâmica agrária regional é marcada pelo predomínio de estabelecimentos familiares com áreas superiores a 5 hectares de cacau, conforme levantamentos socioeconômicos conduzidos na região (MENEZES et al., 2023). A cacauicultura permanece como principal fonte de renda agrícola desses municípios, reforçando seu papel central na economia local (IBGE, 2022; CEPLAC, 2001).

A produtividade regional também apresenta padrões superiores à média brasileira. Enquanto o país registra rendimentos médios próximos a 455–465 kg/ha (PAM/IBGE, 2022), municípios como Medicilândia alcançam aproximadamente 1.200 kg/ha (MONTEIRO, 2024). Esse desempenho tem sido atribuído à adoção de materiais clonais, ao melhoramento genético e à intensificação gradual de tratos culturais (CNA, 2021).

O arranjo institucional da região contribui igualmente para a estruturação dos sistemas produtivos. A presença de compradores locais, unidades de beneficiamento e mercados consolidados reduz custos de transação e assegura demanda estável por amêndoas (MENEZES, 2023). Além disso, parte dos produtores tem acesso a orientação técnica por meio da CEPLAC, EMATER ou empresas privadas, o que influencia a adoção de práticas como adubação mineral, podas sistemáticas e incorporação de clones de maior rendimento (CNA, 2021; SANTOS; SILVA, 2017). Essas condições moldam a estrutura de custos e a necessidade de insumos em ambos os sistemas analisados no capítulo.

Por fim, a expansão recente da cacaucultura no Pará — responsável por mais de metade da produção nacional (SEDAP; CEPLAC; FUNCACAU, 2023) —, somada ao avanço anual de novas áreas com materiais clonais (Venturieri et al., 2022), evidencia mudanças estruturais que afetam diretamente o estabelecimento de sistemas de cultivo na região. A transição em andamento dos sistemas agroflorestais para sistemas intensificados na região (Velooso et al., 2025) estabelece as condições empíricas necessárias para atingir o objetivo do presente estudo.

A Figura 2-2 mostra dois exemplos de modelos agroflorestais e monocultivos (chamados popularmente de Pleno Sol) na região do estudo. Nos painéis A e B observa-se o cultivo intensificado a pleno sol, caracterizado pelo espaçamento reduzido, ausência de sombreamento no plantio, e solo exposto. Essas práticas têm por objetivo maximizar a entrada de luz e, assim, aumentar a produtividade da planta (Yamoah et al., 2021). Os painéis C e D mostram a configuração de sistemas agroflorestais na região, com estratos arbóreos diversos, que fornecem sombra e cobertura do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes, retenção de água e outros serviços ecossistêmicos (Vaast; Somarriba, 2014).



Figura 2-2 - Caracterização dos sistemas Pleno Sol (fotos "A" e "B") e Agroflorestal (fotos "C" e "D"). Fonte: Autor.

b. Coleta de dados

A coleta de dados se deu em dois momentos, em maio de 2023 e junho de 2025. Os dados econômicos foram obtidos a partir de entrevistas com dez produtores de cacau da região de Altamira (PA), selecionados de acordo com o sistema de cultivo praticado (agroflorestal ou a pleno sol) e a idade das lavouras. A amostra abrangeu sistemas representativos de diferentes estágios produtivos – curto (até 10 anos), médio (10 a 20 anos) e longo prazo (acima de 20 anos) – com base na dinâmica biológica e produtiva de sistemas de cultivo de cacau (Jagoret; Michel-Dounias; Malézieux, 2011). Contudo, cabe ressaltar que devido à recente expansão dos plantios intensivos na região, os sistemas a pleno sol estavam restritos a lavouras com menos de sete anos de idade.

Conforme feito em estudos similares (Cechin; Da Silva Araújo; Amand, 2021; Gasparinetti et al., 2022), os dados econômicos foram coletados através de entrevistas semi-estruturadas (Anexo 1), complementadas por observações diretas das operações, registros dos produtores (anotações e notas fiscais quando disponíveis) e perguntas abertas aos produtores rurais. As informações coletadas abrangeram as principais variáveis de custo e receita associadas ao cultivo de cacau, incluindo: (i) insumos agrícolas utilizados – como fertilizantes, corretivos, defensivos e materiais para irrigação – com respectivos preços e quantidades; (ii) custos de implantação e manutenção das lavouras – como preparo do solo, poda e colheita; (iii) custos de mão de obra (diária) e aluguel de máquinas; e (iv) receitas provenientes da venda de amêndoas secas de cacau, expressas em quilogramas e valores médios de comercialização por safra em cada ano. As amêndoas secas são

o principal produto comercializados pelos produtores locais e pelo mercado mundial de cacau, não havendo outras formas de comercialização com relevância econômica expressiva na região. Por fim, para garantir a consistência da informação coletada, os preços de insumos e de mão de obra foram comparados com dados de mercado obtidos junto a revendedores regionais.

c. Análise custo-benefício

Cada sistema de cultivo foi representado nesse estudo por um modelo econômico, entendido aqui como uma abstração simplificada da realidade produtiva e construída a partir da elaboração de fluxos de caixa. Os fluxos de caixa, por sua vez, são os custos (como plantio, manutenção e insumos) e os benefícios (obtidos principalmente da renda com a produção) organizados e distribuídos ao longo do tempo. Esses modelos foram parametrizados a partir das entrevistas com os produtores, para comparação de rentabilidade, risco e sustentabilidade financeira. Dessa forma, foram realizadas 10 entrevistas em campo, que compuseram 10 modelos econômicos.

Os modelos foram construídos com base em um horizonte temporal de 20 anos, tendo em vista o ciclo de produção de um sistema pleno sol, que segundo a literatura, raramente ultrapassa esse período de produção (Clough; Faust; Tschardtke, 2009; Rice; Greenberg, 2000). Nos casos em que os plantios possuíam menos de 20 anos, os valores médios de produtividade e preços foram extrapolados a partir da média dos custos e benefícios dos últimos anos de análise. O preço utilizado nas análises foi de R\$ 17,77/kg para a amêndoa seca de cacau convencional e de R\$ 20,03/kg para a amêndoa orgânica, correspondentes às médias históricas do período de 2015 a 2025 (ICCO). O custo da mão de obra (diária) registrado na região a partir das entrevistas foi de R\$ 150,00, enquanto para o aluguel de máquinas agrícolas com condutor, foi de R\$ 550,00 por hora de serviço.

Sobre os fluxos de caixa, aplicou-se a metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB), com o cálculo de indicadores financeiros, como taxa de desconto, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Relação Custo-Benefício e Payback. Tais indicadores foram selecionados conforme visto em outros estudos de análise custo-benefício de sistemas produtivos (Gasparinetti et al., 2022; Cechin; Araújo; Amand, 2021). A principal vantagem da utilização dessas métricas é a possibilidade de comparação com outros sistemas ou na construção de cenários. Os indicadores utilizados para o presente estudo foram:

Fluxo de caixa

O fluxo de caixa representa a diferença entre as receitas e os custos de um sistema produtivo ao longo do tempo, refletindo sua capacidade de gerar retornos (Tebkew et al., 2025). Em análises econômicas, ele permite o produtor, ou tomador de decisão, avaliar a atratividade de um projeto ao longo de um horizonte temporal. Assim, o fluxo de caixa pode ser definido como:

Equação 1-2 - Fluxo de caixa.

$$FC_t = R_t - C_t$$

Onde R_t são as receitas no ano t e C_t são os custos no ano t .

Cabe ressaltar que, por se tratar de uma cultura perene, considera-se um período médio de 4 anos de carência produtiva, considerando o tempo de implantação do sistema e início da colheita. Esse tempo representa o amadurecimento fisiológico das plantas de cacau até as primeiras frutificações, e consequentemente, receitas do sistema.

Para obter o valor presente desses fluxos ao longo de um horizonte temporal, aplica-se uma taxa de desconto, que representa o custo de oportunidade do capital (Knoke et al., 2025). É uma métrica útil ao produtor, pois considera o valor real do dinheiro ao longo do tempo. Dessa forma, o fluxo de caixa descontado é obtido pela soma dos fluxos anuais, ajustado ao seu valor presente:

Equação 2-1 - Fluxo de caixa descontado.

$$FCD = \sum_{t=0}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

Onde:

FC_t = Fluxo de caixa em t ;

r = Taxa de desconto;

t = Anos;

Taxa de Desconto

Essa métrica representa o custo de oportunidade do capital e as preferências do investidor ao longo do tempo (Gasparinetti et al., 2022). Esse índice é importante pois desconta o valor dos fluxos financeiros ao seu equivalente presente, permitindo comparações ao longo do tempo. Dessa maneira, a escolha da taxa de desconto influencia a atratividade econômica dos modelos. Por isso, optou-se pela escolha de uma taxa de desconto anual de 10%, tendo em vista a utilização de tal

valor por outros projetos florestais e artigos (Bentes-Gama et al., 2005; Cechin; Da Silva Araújo; Amand, 2021; Gasparinetti et al., 2022; Joaquim et al., 2015).

Valor Presente Líquido (VPL)

O indicador representa a soma do fluxo de caixa descontado ao longo do tempo, atualizado para uma determinada taxa de desconto anual (Bentes-Gama et al., 2005). Em termos práticos, o VPL reflete o resultado acumulado entre receitas e despesas, trazidos ao valor presente, indicando o momento em que o empreendimento passa a gerar lucro líquido. Esse indicador representa o saldo final do fluxo de caixa após a remuneração do trabalho e custo de oportunidade do capital (Gasparinetti et al., 2022). Para o produtor, um VPL positivo indica que o modelo gera retornos acima do investimento inicial e do custo do capital, sendo financeiramente viável. Em contrapartida, um VPL negativo mostra que os custos superam os ganhos, tornando o modelo inviável. O indicador é calculado a partir da seguinte fórmula:

Equação 3-2 - Valor Presente Líquido (VPL).

$$VPL = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

onde:

C_t = Fluxo de caixa descontado de $t = 0$ à $t = T$

r = Taxa de desconto;

t = Anos;

Valor Anual Equivalente (VAE)

O Valor Anual Equivalente (VAE) consiste na conversão do Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto em uma série uniforme de valores anuais ao longo de sua vida útil, representando o benefício econômico periódico que o investimento gera após remunerar o capital e cobrir seus custos recorrentes. Em outras palavras, o VAE expressa o resultado econômico do empreendimento na forma de um fluxo anual constante, equivalente ao valor presente do projeto, permitindo comparar alternativas com diferentes durações e escalas de investimento (Silva & Fontes, 2005; Rezende & Oliveira, 2013). Projetos com VAE positivo indicam que os benefícios

anuais superam seus custos anuais equivalentes, sendo considerados economicamente viáveis. Para fins comparativos, especialmente entre sistemas produtivos com horizontes distintos, deve-se selecionar a alternativa que apresentar maior VAE para uma mesma taxa de desconto, por refletir o maior retorno anualizado associado ao investimento. O VAE é calculado pela relação entre o VPL e o fator de recuperação de capital, conforme a seguinte fórmula:

Equação 4-2 – Valor Anual Equivalente (VAE).

$$VAE = VPL \times \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

onde:

VPL = Valor presente líquido;

C_t = Fluxo de caixa descontado de $t = 0$ à $t = T$

r = Taxa de desconto;

n = Anos de duração do projeto;

Relação Benefício-Custo

Expressa a eficiência econômica do investimento, ao representar a proporção entre os benefícios totais e custos totais do projeto, ao longo do período analisado, descontados a partir de uma taxa de desconto anual. Esse indicador mostra quanto o produtor obtém de retorno para cada unidade monetária investida. Dessa forma, um valor superior a 1 indica que o empreendimento gera benefícios maiores que seus custos, sendo financeiramente viável — e quanto maior o valor, maior a eficiência econômica do modelo (Bentes-Gama et al., 2005). É calculado a partir da fórmula:

Equação 5-2 - Relação Benefício-Custo.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{C_t[Benefícios]}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t[Custos]}{(1+r)^t}}$$

onde:

$C_t[Benefícios]$ = Benefícios líquidos de $t=0$ a $t=T$

$C_t[Custos]$ = Custos líquidos t=0 a t=T;

r = Taxa de desconto;

t = Anos;

Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de desconto que zera o valor presente líquido (VPL) de um fluxo de caixa (Gasparinetti et al., 2022). Em termos práticos, ela mostra a rentabilidade anual média de um projeto, expressa percentualmente (%). Para tomada de decisão, a TIR normalmente é comparada à taxa de retorno mínima desejada, ou a taxa de juros de referência (como a Selic), para avaliar se o projeto é competitivo frente a outras opções de investimento. É descrita por:

Equação 6-2 - Taxa Interna de Retorno (TIR).

$$TIR = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = 0$$

onde:

C_t = Fluxo de caixa descontado de t = 0 à t = T

r = Taxa de desconto;

t = Anos;

Payback

É descrito como o tempo necessário para recuperação do capital investido, onde o lucro líquido acumulado é igualado ao custo de investimento inicial. Esse indicador é útil ao produtor, por mostrar em quanto tempo o capital investido retorna, auxiliando no planejamento financeiro e na avaliação do risco do projeto. Pode ser descrito por:

Equação 7-2 - Payback

$$PB = \sum_{t=0}^{t=PB} \frac{C_t}{(1+r)^t} = \text{Investimento inicial}$$

onde:

C_t = Fluxo de caixa descontado de $t = 0$ à $t = T$

r = Taxa de desconto;

t = Anos;

Além disso, considerou-se duas categorias de análise para avaliação dos custos do modelo: o CAPEX e OPEX. O CAPEX (Capital Expenditure) representa a soma dos investimentos do ano 1 do sistema, que costuma concentrar custos elevados, como preparo do solo, implantação da lavoura, irrigação e demais estruturas necessárias para dar início ao sistema. Já o OPEX (Operational Expenditure) corresponde à soma das despesas operacionais contínuas do projeto, associadas aos custos de manejo, adubação e defensivos ao longo dos anos de análise. Ambas as métricas são usuais para análise do projeto, e trazem elementos importantes para compreender a estrutura de custos e riscos do ciclo produtivo, sendo úteis para tomada de decisão do produtor e agentes financeiros (Malajczuk; Moore; Anderson, 1996).

As premissas utilizadas na construção dos modelos foram definidas com base em dados primários obtidos em campo e complementados por informações secundárias de mercado, coletadas localmente quando necessárias (Tabela 1-2). Para cada sistema produtivo, os valores de custo de insumos, maquinário, implantação, manutenção, colheita e receita foram determinados a partir dos valores informados pelo entrevistado. Os valores de mão de obra e preço de venda do cacau foram determinados a partir da mediana dos valores de todas as entrevistas. Os valores obtidos através das entrevistas foram validados através de consultas de preços em mercados locais. A produtividade foi estimada individualmente para cada plantio com base nos valores informados pelos produtores, ponderados pela idade das lavouras para representar o desempenho em cada estágio produtivo. A análise considerou fluxos financeiros médios e estáveis, ou seja, sem incorporar riscos de volatilidade de preços, pragas, doenças ou efeitos climáticos.

Tabela 1-2 - Premissas e fontes dos parâmetros econômicos utilizados na Análise Custo-Benefício.

Parâmetro	Valor	Fonte	Observação metodológica
Preço do cacau convencional (R\$ por kg)	R\$ 17,77	ICCO (2025)	Valor médio obtido através do preço histórico do cacau na Bolsa de Valores de Nova York nos últimos 10 anos

			(julho de 2015 a julho de 2025)
Preço do cacau orgânico (R\$ por kg)	R\$ 20,03	ICCO (2025) adaptado	O cálculo considerou um ajuste de 12,7%, correspondente à diferença percentual entre o cacau convencional e o orgânico visto em campo
Produtividade média (kg de amêndoas secas por planta, por ano)	Entre 0,6 e 3 kg por planta	Dados de campo (2025)	Valores obtidos nas entrevistas com 10 produtores
Custo da mão de obra (R\$ por dia)	R\$ 150,00	Dados de campo (2025)	Valores obtidos nas entrevistas com 10 produtores
Custo de maquinário (R\$ por hora)	R\$ 550,00	Dados de campo e mercado local	Valores obtidos nas entrevistas com 10 produtores
Taxa de desconto	10%	Gasparinetti et al. (2022); Cechin et al. (2021)	Valores médios para projetos agroflorestais na literatura

Embora o presente estudo adote uma abordagem de análise custo-benefício voltada à rentabilidade privada dos sistemas de cultivo, é importante ressaltar que os sistemas agroflorestais apresentam uma série de externalidades ambientais e sociais positivas. Entre esses benefícios, destacam-se o armazenamento de carbono, a conservação da biodiversidade, a proteção do solo e dos recursos hídricos, a regulação microclimática, a polinização, e o fortalecimento da segurança alimentar de comunidades locais (Kaba; Otu-Nyanteh; Abunyewa, 2020; Knoke et al., 2025; Niether et al., 2020; Santos; Crouzeilles; Sansevero, 2019). Em contrapartida, os monocultivos apresentam externalidades negativas ao ambiente, como a redução da fertilidade do solo, utilização de insumos químicos que podem poluir o ambiente, perda de biodiversidade e maior vulnerabilidade a mudanças climáticas (Andres et al., 2016; Suarez; Gwozdz, 2023; Tondoh et

al., 2015; Vaast; Somarriba, 2014). Dessa maneira, cabe ressaltar que as externalidades geradas pelos modelos não foram incorporadas aos custos e benefícios analisados.

d. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é um procedimento que avalia como variações em determinados parâmetros alteram os resultados de um modelo econômico. Em estudos de avaliações de custos e benefícios, ela é aplicada sobre parâmetros tradicionais como a taxa de desconto, preço de venda de produtos, dentre outros (Borgonovo; Peccati, 2004). Tendo em vista garantir maior robustez aos modelos, foram realizadas análises de sensibilidade com o preço de venda do cacau, taxa de desconto e produtividade. Outros estudos que visaram comparar sistemas agroflorestais com monocultivos também adotaram essa abordagem (Ramírez et al., 2001).

Primeiramente, foi realizada uma análise variando o preço de venda do cacau. Tendo em vista que a coleta de dados foi realizada em dois anos distintos, verificou-se um aumento de mais de 250% no preço do cacau durante o período de 2023 e 2025, em campo. Estudos recentes demonstram que a produção de cacau é altamente vulnerável às mudanças climáticas, em razão da sensibilidade das culturas às variações de temperatura e precipitação, fato que acentuou a instabilidade na oferta global no último ano (Asante et al., 2025).

A queda na oferta impactou os preços internacionalmente, que apresentaram elevada volatilidade, culminando nas diferenças de preço vistas em campo. Devido às incertezas referentes ao mercado da commodity, se fez necessário realizar uma análise de sensibilidade, visando verificar o impacto dos dois preços encontrados em campo nos modelos econômicos. Essa análise garantiu robustez às discussões e às avaliações custo-benefício, verificando a resiliência dos sistemas de cultivo frente às incertezas do mercado.

O presente estudo adotou três cenários de preço que refletem a amplitude observada no mercado nos últimos anos, com base em uma série histórica de 10 anos do preço internacional de venda do cacau (ICCO, 2025). Tendo em vista limitações de informação sobre o preço de comercialização do cacau orgânico, padronizou-se o valor da amêndoa orgânica como 12,7% maior que a convencional, valor visto em campo. O primeiro cenário corresponde ao valor mínimo encontrado para essa série histórica (R\$ 9,59/kg para a amêndoa convencional e R\$ 10,81/kg para a orgânica). O segundo cenário é composto pelo valor médio da série, de R\$ 17,77/kg para amêndoa convencional e R\$ 20,03 para amêndoa orgânica. Por fim, o último cenário representava o valor máximo encontrado na série histórica, de R\$ 53,55/kg para amêndoa convencional e R\$ 60,35 para a orgânica. Dessa forma, os três cenários representam os valores praticados no mercado internacional da *commodity*, conforme a cotação da Bolsa de Nova York (Figura 3-2).



Figura 3-2 - Série histórica do preço de cacau em US\$/tonelada, conforme preço praticado na Bolsa de Nova York. Para conversão em reais, foi utilizada a taxa de câmbio de US\$ 1,00 = R\$ 5,00. Fonte: International Cocoa Organization (ICCO).¹

Em seguida, foi realizada uma análise do impacto de diferentes taxas de desconto na viabilidade econômica do estudo, parâmetro central de análises como essa, por refletir o custo de oportunidade do capital. Para o presente estudo, optou-se por uma taxa de 10%, usualmente aplicada em estudos com sistemas agroflorestais e sistemas florestais no Brasil (Bentes-Gama et al., 2005; Gasparinetti et al., 2022). Contudo, para verificar a sensibilidade do modelo à diferentes taxas, foram construídos cenários com uma variação percentual de 2 pontos percentuais em relação a taxa base. Essa variação foi utilizada em outros estudos do setor agrícola e florestal, e é amplamente empregada em análises de sensibilidade para o setor (Andaru, 2025; Hasan et al., 2024). Além disso, permite avaliar em que medida mudanças no custo de capital afetam os indicadores financeiros dos modelos, fornecendo maior confiabilidade às conclusões sobre a viabilidade de cada um. Por último, optou-se por analisar graficamente o efeito da produtividade sobre o Valor Presente Líquido dos modelos, dada sua relevância para rentabilidade dos sistemas de cacau. Como esse parâmetro exerce influência direta sobre as receitas, optou-se por analisar como a diferença percentual da produtividade atua sobre o VPL.

3. Resultados

Os indicadores financeiros e dados produtivos dos modelos econômicos estão apresentados na Tabela 2-2. Foram obtidos em campo dados de seis sistemas agroflorestais, dois deles orgânicos,

¹ Informações disponíveis em: <<https://www.icco.org/>>. Acesso em 28 de setembro de 2025.

e quatro monocultivos de cacau. Os sistemas agroflorestais apresentaram idade média de 16 anos, variando entre 8 e 25 anos, enquanto monocultivos tiveram idade média de 5 anos (variando de 5 a 7 anos), o que reflete a recente adoção desse tipo de sistema na região. Durante a coleta dos dados não foram identificados monocultivos com mais de 7 anos de idade, informação confirmada por produtores e atores locais da cadeia do cacau. Além disso, as áreas cultivadas em SAFs foram em geral maiores do que aquelas destinadas à monocultivos, o que sugere a maior escalabilidade dos primeiros sistemas.

Em relação aos custos, foi possível verificar diferenças significativas entre os dois sistemas de cultivo. Os sistemas agroflorestais apresentaram custos de implantação (CAPEX) entre R\$ 6 mil e R\$ 12 mil por hectare, enquanto com os monocultivos esses valores variaram entre R\$ 23 mil e R\$ 150 mil por hectare. Diferença semelhante foi observada nos custos operacionais (OPEX), em que os SAFs apresentaram valores entre R\$ 116 mil e R\$ 267 mil por hectare, ao passo que os monocultivos variaram entre R\$ 117 mil a R\$ 856 mil (Tabela 2-2). Esses resultados, que mostram o cumulativo dos valores operacionais ao longo dos 20 anos de análise, indicam que, além de mais caros para implementar a manter, os monocultivos também variam mais em termos de custos, o que pode limitar sua adoção em escalas maiores.

Nos resultados financeiros, observaram-se padrões contrastantes que favorecem os sistemas agroflorestais. Considerando o preço médio histórico do cacau dos últimos dez anos (R\$ 17,77/kg para sistemas convencionais e R\$ 20,03/kg para orgânicos), os monocultivos apresentaram VPLs variando de -R\$ 192.177 a R\$ 60.591 por hectare, com apenas dois dos quatro modelos mostrando viabilidade econômica positiva (1M e 3M). Em contraste, todos os sistemas agroflorestais — incluindo os orgânicos — demonstraram viabilidade econômica sólida, com VPLs entre R\$ 6.274 e R\$ 58.107 por hectare. Em termos de Valor Anual Equivalente (VAE), os SAFs apresentaram valores entre R\$ 737 e R\$ 6.825 por hectare por ano, enquanto os monocultivos variaram de -R\$ 22.573 a R\$ 7.117 por hectare por ano, evidenciando maior consistência e estabilidade na capacidade de geração de renda anual dos sistemas agroflorestais.

As Taxas Internas de Retorno (TIRs) reforçam esse contraste estrutural: enquanto os monocultivos registraram valores entre 0% e 17%, os SAFs convencionais apresentaram TIRs entre 14% e 28%, e os sistemas orgânicos alcançaram os maiores retornos, entre 19% e 30%. Os Paybacks seguiram padrão semelhante, com os SAFs variando de 6 a 12 anos, ao passo que os monocultivos oscilaram entre 6 e 20 anos, havendo modelos que sequer atingiram o ponto de equilíbrio econômico dentro do horizonte analisado. A relação benefício-custo também foi sistematicamente superior nos SAFs (1,35 a 3,37) em comparação aos monocultivos (0,10 a 1,71), refletindo maior eficiência econômica por real investido. Esses resultados indicam que, sob as

condições de mercado consideradas, os sistemas agroflorestais apresentam maior viabilidade econômica e menor exposição a riscos de mercado.

A variação observada entre os modelos a pleno sol está fortemente associada à intensidade de uso de insumos, especialmente irrigação, adubação química e pesticidas. No modelo intensivo (3M), os custos de implantação foram de R\$ 72.415/ha e os custos operacionais acumulados atingiram R\$ 748.850/ha, resultando em VPL de R\$ 60.591/ha, VAE de R\$ 7.117/ha/ano, TIR de 17%, Payback de 8 anos e relação benefício-custo de 1,71 — o melhor desempenho entre todos os modelos. Em contraste, o modelo que apresentou baixo uso de insumos (2M) apresentou CAPEX de R\$ 186.072/ha e OPEX de R\$ 856.850/ha, gerando VPL negativo de –R\$ 192.177/ha, VAE de –R\$ 22.573/ha/ano, Payback de 20 anos e relação benefício-custo de apenas 0,10, caracterizando completa inviabilidade econômica. Esses resultados reforçam que o desempenho financeiro dos monocultivos é altamente sensível ao nível de insumos utilizados e às oscilações de mercado, tornando-os menos resilientes em condições realistas de preço em comparação aos sistemas agroflorestais.

Um caso emblemático é o modelo 4M, que apresentou VPL negativo de –R\$ 6.449/ha, VAE de –R\$ 757/ha/ano e TIR de apenas 5%, mesmo com custos de implantação mais moderados (R\$ 39.050/ha). A queda brusca de produtividade, associada à menor resiliência do sistema a pragas e à ausência de adubação e irrigação contínuas, resultou na deterioração progressiva dos fluxos de caixa. Esse caso evidencia a elevada dependência dos monocultivos em relação a insumos externos e a sua maior vulnerabilidade a choques ambientais e biológicos. Em contraste, a diversidade estrutural e funcional dos SAFs proporciona maior estabilidade econômica e resiliência operacional, consolidando-os como alternativas mais robustas e sustentáveis para a produção de cacau na região.

Tabela 2-2 - Indicadores financeiros e dados produtivos dos modelos econômicos. Os modelos foram construídos a uma taxa de desconto de 10% e em um horizonte temporal de 20 anos. Cabe ressaltar que os dados apresentados nessa tabela estão padronizados por hectare.

Modelo	Sistema de Cultivo	Idade do sistema (anos)	Tamanho da área (ha)	VPL por hectare (R\$)	VAE por hectare (R\$)	TIR (%)	Relação Benefício-Custo	Payback (anos)	CAPEX por hectare (R\$)	OPEX por hectare (R\$)
1S	SAF	8	2,5	20,096	2,360	14	1,54	12	24.948	12.786
2S	SAF	12	140	58,107	6,825	28	3,37	6	19.408	6.466
3S	SAF	20	28	6,274	737	15	1,35	8	18.101	8.206
4S	SAF	25	250	20,637	2,424	21	2,1	8	11.620	5.526
1M	Monocultivo (pleno sol)	5	2	13,833	1,625	12	1,2	9	56.367	32.595
2M	Monocultivo (pleno sol)	5	0,5	-192,177	-22,573	-	0,1	20	186.072	35.304
3M	Monocultivo (pleno sol)	5	1	60,591	7,117	17	1,71	8	72.415	35.601
4M	Monocultivo (pleno sol)	7	1	-6,449	-757	5	0,85	6	39.050	4.103
1O	SAF Orgânico	20	3	28,614	3,361	19	2,19	9	16.950	4.556

20	SAF Orgânico	50	7	43,734	5,137	30	4,14	7	9.564	2.817
----	--------------	----	---	--------	-------	----	------	---	-------	-------

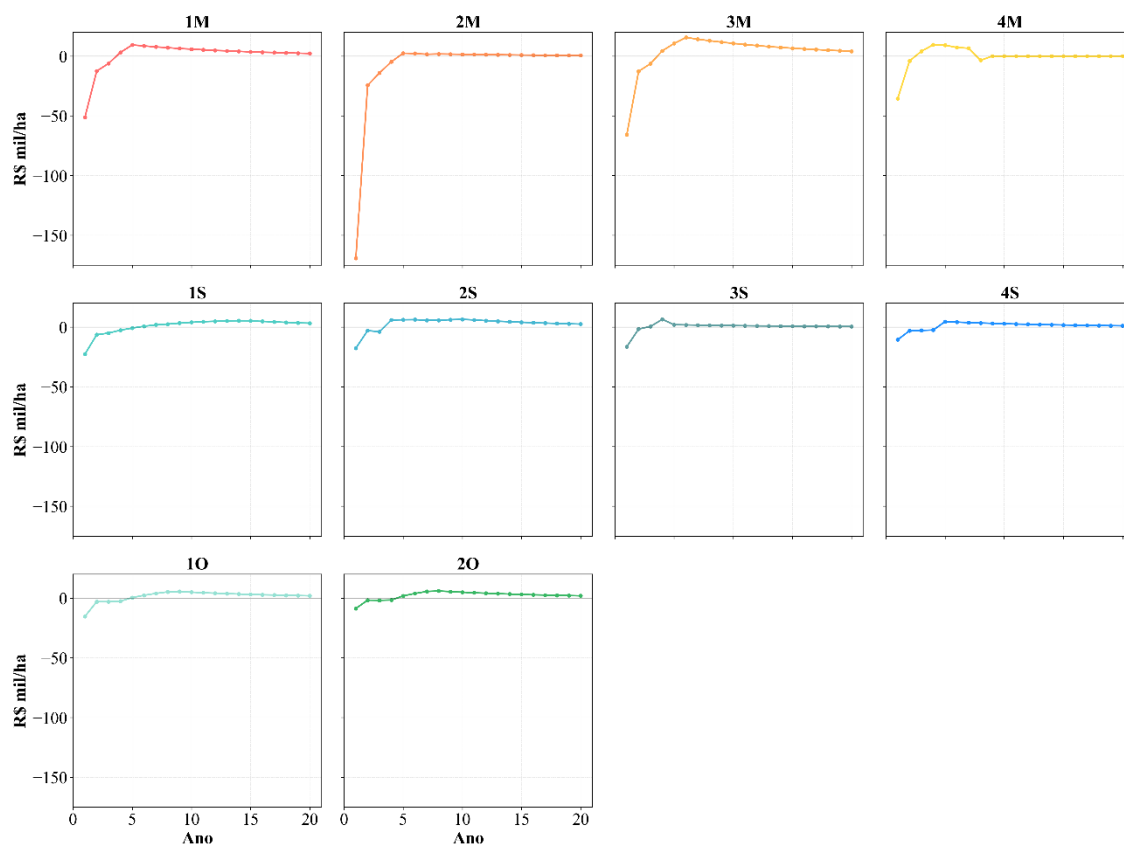


Figura 4-2 - Fluxo de caixa anual dos modelos econômicos de sistemas de cacau (SAF, Monocultivo e SAF Orgânico), expressos em valores reais acumulados ao longo de 20 anos. Cada gráfico apresenta o saldo líquido anual (receitas – custos) para um modelo específico. O ponto em que a curva cruza o eixo Y (valor zero) indica o ano de recuperação do investimento (Payback), enquanto o valor final da curva corresponde ao Valor Presente Líquido (VPL) do sistema. As curvas positivas indicam períodos de rentabilidade acumulada, e as negativas representam fases de investimento ou maior custo operacional. Observa-se que os monocultivos, em geral, exibem altos retornos iniciais, mas também maiores custos iniciais e de manutenção (expressos no ponto de início do gráfico e na inclinação das linhas), ao passo que os sistemas agroflorestais e orgânicos apresentam retornos mais estáveis e sustentados ao longo do tempo (linhas com menores inclinações).

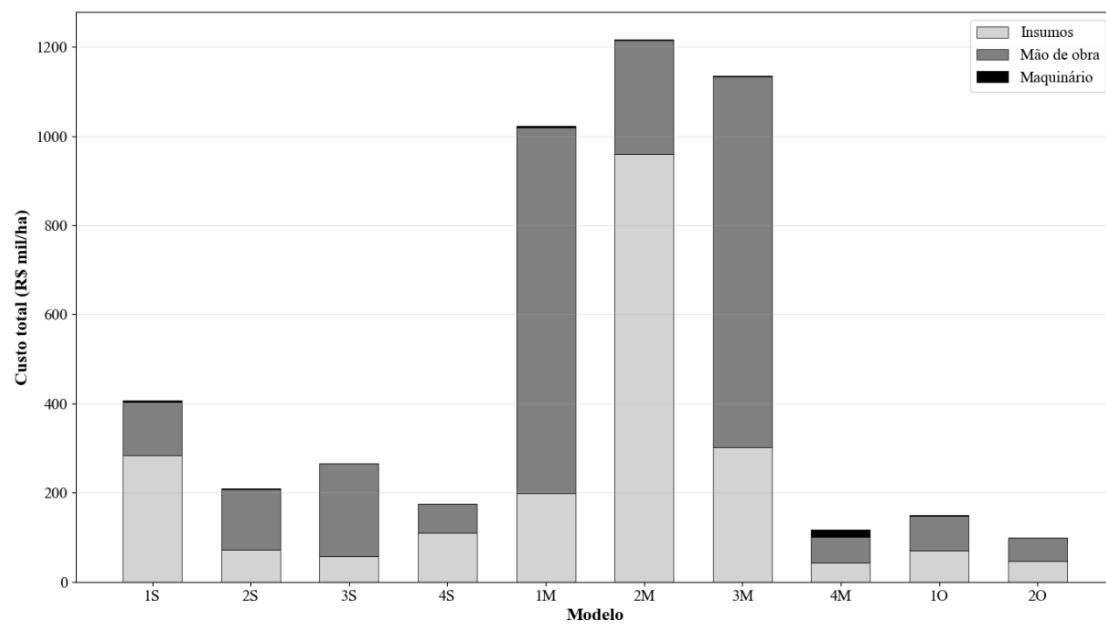


Figura 5-2 – Custo total detalhado por categoria: insumos (produtos, como fertilizantes, pesticidas e corretores de solo), mão de obra (atividades como poda, plantio de mudas e colheita) e maquinário (atividades envolvendo o uso de máquinas agrícolas, como gradagem) ao longo de 20 anos.

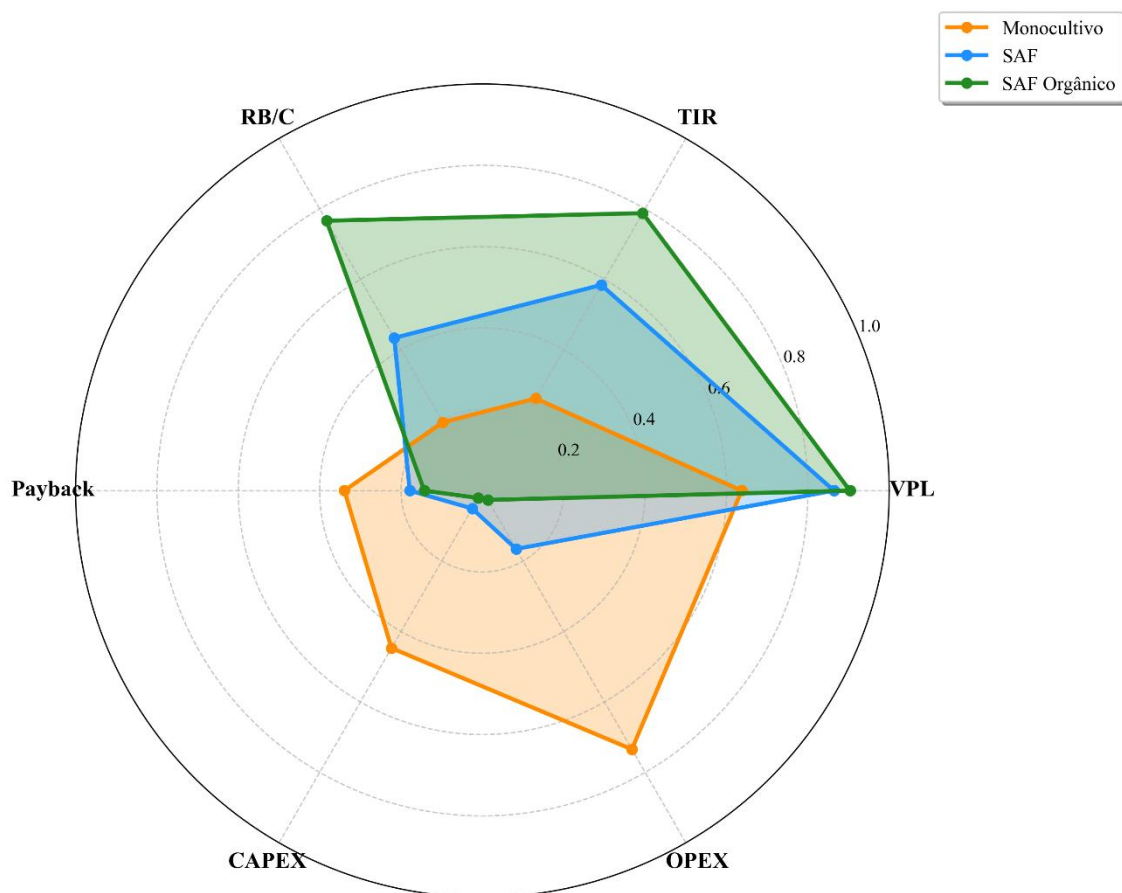


Figura 6-2 - Representação comparativa da atratividade econômica dos sistemas de cultivo de cacau por categoria de plantio. O gráfico do tipo Radar Chart apresenta seis indicadores financeiros — Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Benefício-Custo (RB/C), Payback, Custo de

Implantação (CAPEX) e Custo Operacional (OPEX) — normalizados entre 0 e 1 para permitir comparação direta entre categorias. Cada eixo indica o desempenho relativo de um indicador, sendo que valores mais próximos da borda representam melhor desempenho. As áreas delimitadas por cada cor correspondem à média padronizada dos indicadores econômicos de cada categoria: monocultivos (laranja), sistemas agroflorestais convencionais (azul) e sistemas agroflorestais orgânicos (verde).

Conforme ilustrado através da Figura 4-2, observa-se um período inicial de fluxos de caixa negativos — concentrado entre os anos 1 e 3 — decorrente dos custos de implantação e do ciclo natural de maturação do cacau em sistemas sombreados, cuja produção se inicia apenas a partir do terceiro ou quarto ano. A partir desse ponto, todos os modelos agroflorestais apresentam fluxos de caixa positivos e relativamente estáveis, com inclinações suaves ao longo do horizonte de 20 anos, refletindo maior estabilidade operacional e menor variação interanual. Nos monocultivos, por outro lado, as curvas revelam um comportamento mais volátil. Embora apresentem retorno positivo já no primeiro ou segundo ano, reflexo do menor tempo de maturação das plantações a pleno sol, os fluxos de caixa se mostram mais sensíveis a variações de custo e produtividade. O modelo 4M representa o caso mais crítico: seus fluxos se deterioram a partir do quinto ano, cruzam a linha zero no sétimo ano e permanecem negativos até o final da série histórica, evidenciando perda acumulada de rentabilidade e inviabilidade financeira no médio prazo. Entre os modelos viáveis, 1M e 3M apresentam recuperação inicial mais rápida, porém com estabilização inferior àquela observada nos SAFs.

A Figura 5-2 mostra a distribuição dos custos para cada modelo ao longo dos 20 anos de análise, conforme as categorias insumos, maquinário e mão de obra. Em média, os sistemas agroflorestais (orgânicos e convencionais) apresentaram um gasto percentual de 47% do custo total com insumos, 52,4% com mão de obra, e 0,6% com maquinário. Em comparação, 40,3% dos custos totais dos modelos a pleno sol foram com insumos, 56,1% com mão de obra e 3,6% com maquinário. Tais proporções devem ser interpretadas com cautela, pois apesar de indicarem que os sistemas agroflorestais utilizam mais insumos percentualmente, os custos totais revelam maiores gastos com insumos e mão de obra por parte dos monocultivos.

Na comparação integrada dos indicadores financeiros normalizados (Figura 6-2) os sistemas agroflorestais — especialmente os modelos convencionais e orgânicos — passam a dominar a maior parte dos indicadores de desempenho econômico. Os monocultivos apresentam maiores valores normalizados de CAPEX e OPEX, refletindo sua maior dependência de insumos, irrigação, adubação química e pesticidas. Apesar de alguns modelos exibirem paybacks mais curtos, esse benefício inicial é contrabalançado por menor desempenho em métricas como relação benefício-custo, estabilidade dos fluxos e, em alguns casos, pelo próprio VPL. O gráfico evidencia que a área ocupada pelos sistemas monocultivos é particularmente distorcida por custos elevados e por desempenhos inconsistentes em TIR e RB/C.

Os sistemas agroflorestais convencionais apresentam um perfil mais equilibrado entre rentabilidade e custos. Seu desempenho em TIR, VPL e Relação Benefício-Custo supera o dos monocultivos, refletindo maior retorno relativo sobre o capital investido. A combinação de menores custos operacionais e fluxos líquidos mais estáveis posiciona esses modelos como alternativas financeiramente mais robustas no longo prazo. Já os sistemas agroflorestais orgânicos (1O e 2O) destacam-se ainda mais quando considerados indicadores de eficiência econômica: exibem as maiores relações benefício-custo e desempenho superior em métricas de retorno ajustado ao risco, embora com paybacks mais longos, devido ao manejo diferenciado.

a. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade aos preços demonstra que os sistemas produtivos respondem de maneira assimétrica às oscilações do mercado. No cenário de preço mínimo (R\$ 9,59/kg), apenas dois modelos — 2S (VPL = R\$ 1.472/ha; B/C = 1,02; Payback = 11 anos) e 2O (VPL = R\$ 10.035/ha; B/C = 1,72; Payback = 9 anos) — mantêm viabilidade econômica, enquanto todos os monocultivos apresentam VPLs negativos, variando de –R\$ 42.562/ha (4M) a –R\$ 302.969/ha (2M). Nos SAFs, os demais modelos tornam-se inviáveis sob preços baixos, porém com perdas significativamente menores do que as observadas nos sistemas a pleno sol, indicando menor sensibilidade às quedas abruptas de preço. Em contraste, no cenário de preço médio histórico (R\$ 17,77/kg), todos os sistemas agroflorestais são financeiramente viáveis, com VPLs variando de R\$ 6.274 a R\$ 58.107/ha e relações benefício-custo entre 1,35 e 3,37.

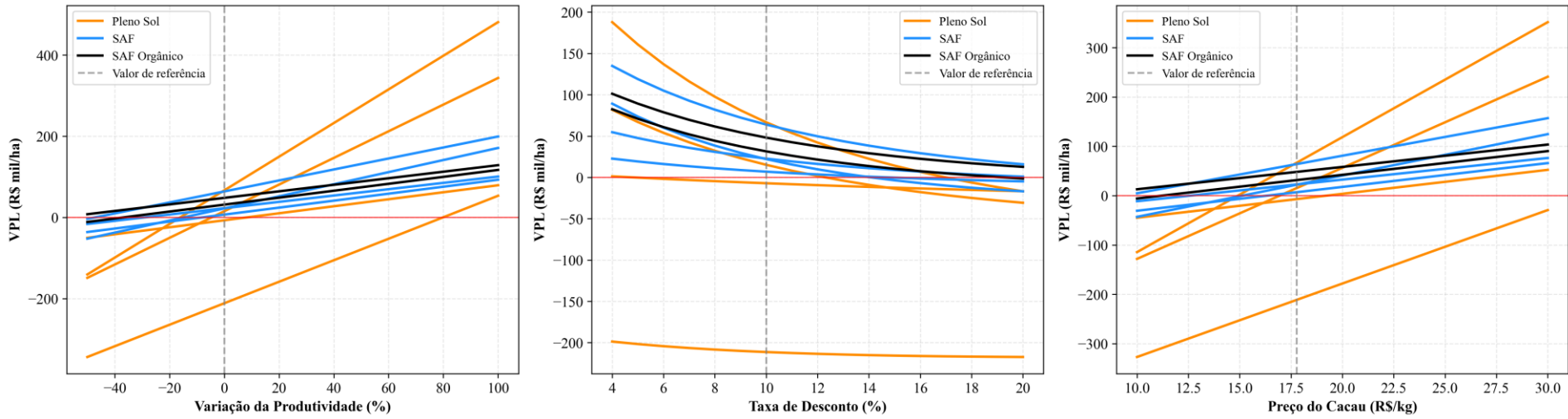
Nesse mesmo cenário, apenas metade dos monocultivos apresenta viabilidade (1M e 3M), enquanto 2M e 4M permanecem economicamente inviáveis, com VPLs de –R\$ 192.177/ha e –R\$ 6.449/ha, respectivamente. Já sob o preço máximo observado na série histórica (R\$ 53,55/kg), todos os sistemas atingem VPL positivo, mas os SAFs — especialmente os orgânicos — continuam apresentando desempenho mais equilibrado, com relações benefício-custo variando entre 4,77 e 7,48, enquanto os monocultivos, embora alcancem VPLs elevados (R\$ 151.501 a R\$ 818.733/ha), exibem forte dependência de preços excepcionalmente altos para atingir esses resultados. Em síntese, os dados mostram que os sistemas agroflorestais, sobretudo os orgânicos, são financeiramente mais estáveis, ao passo que os monocultivos apresentam maior volatilidade e risco econômico.

As análises envolvendo variação da taxa de desconto reforçam esse padrão de robustez econômica nos SAFs. À medida que a taxa aumenta (8%, 10% e 12%), observa-se a redução progressiva dos VPLs e da relação benefício-custo em todos os modelos; ainda assim, os sistemas agroflorestais mantêm indicadores positivos mesmo sob taxas mais elevadas, com variações mais suaves nos resultados. Já os monocultivos apresentam deterioração mais acentuada: o modelo 2M, por exemplo, permanece negativo em todas as taxas avaliadas (VPL entre –R\$ 190.680/ha e –R\$

192.970/ha), enquanto 4M apresenta queda expressiva, aproximando-se de limites de inviabilidade (B/C entre 0,80 e 0,90).

Por fim, a análise de sensibilidade à produtividade revela maior vulnerabilidade dos monocultivos: conforme ilustrado no primeiro gráfico (Variação da Produtividade), uma redução de 40% faz com que pelo menos um modelo a pleno sol apresente VPL negativo, enquanto outro se aproxima da inviabilidade. Os SAFs, em contraste, exibem respostas menos abruptas à variação da produtividade, mantendo maior estabilidade em todas as simulações. Esses resultados confirmam que os sistemas agroflorestais não apenas apresentam melhor desempenho médio, mas também menor sensibilidade às principais fontes de incerteza econômica.

Figura 7-2 - Sensibilidade do Valor Presente Líquido (VPL) dos sistemas Pleno Sol, SAF e SAF Orgânico frente à variação da produtividade, da taxa de desconto e do preço do cacau.



De forma geral, os resultados da análise de sensibilidade reforçam a maior estabilidade dos sistemas agroflorestais frente aos monocultivos, em termos de taxa de desconto, nos diferentes horizontes temporais e variações de mercado. Nas Figuras 7-2, 8-2 e 9-2, fica evidente a maior inclinação das curvas dos modelos a Pleno sol, indicando que variações nos parâmetros avaliados impactam de forma mais severa o VPL. Assim, enquanto monocultivos apresentaram retornos elevados em condições favoráveis, eles mostram maiores variações nos cenários apontados, e tornam-se negativos com a variação do preço. Enquanto isso, os SAFs, embora sejam menos atrativos em condições favoráveis, se mostraram menos sensíveis a variações nas variáveis avaliadas.

Tabela 3-2 - Sensibilidade dos modelos econômicos em relação ao preço de venda do cacau (R\$/kg). A redução dos preços de 2025 para os níveis de 2023 provoca queda acentuada nos indicadores financeiros, tornando vários modelos economicamente inviáveis. Os sistemas agroflorestais e orgânicos mantêm resultados positivos mesmo sob preços baixos, enquanto os monocultivos apresentam forte sensibilidade ao valor de mercado, com VPL e Relação Benefício-Custo próximos ou inferiores a zero.

Modelo	Preço Mínimo (R\$ 9,59/kg)				Preço Médio (R\$ 17,77/kg)				Preço Máximo (R\$ 53,55/kg)			
	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	Relação B/C	Payback (anos)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	Relação B/C	Payback (anos)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	Relação B/C	Payback (anos)
1S	-42.238	-3,36	0,18	20	20.096	14,08	1,54	12	292.750	46,66	11,08	5
2S	1.472	10,65	1,06	11	58.107	28,19	3,37	6	305.835	67,61	13,5	4
3S	-29.662	0	0,08	20	6.274	14,71	1,35	8	163.464	67,37	10,04	4
4S	-11.979	-0,93	0,36	20	20.637	20,76	2,1	8	163.300	55,28	9,69	5
1M	-123.483	0	0	20	13.833	12,29	1,2	9	614.469	62,99	10,64	4
2M	-302.948	0	0	20	-192.177	10,64	0,1	20	292.343	23,74	2,51	6
3M	-112.758	0	0	20	60.591	16,98	1,71	8	818.835	60,72	11,42	4
4M	-42.562	0	0,09	20	-6.449	4,81	0,85	6	151.516	78,53	4,99	3
1O	-7.140	6,65	0,72	14	28.621	19,23	2,19	9	185.040	42,91	8,69	6
2O	10.035	16,41	1,72	9	43.740	29,85	4,14	7	191.165	57,83	14,73	6

Tabela 4-2 - Sensibilidade dos modelos econômicos à variação da taxa de desconto (8%, 10% e 12%), com preços de referência de 2025. O aumento da taxa reduz o Valor Presente Líquido (VPL) e a Relação Benefício-Custo (B/C), afetando de forma mais acentuada os monocultivos.

Modelo	8%				10%				12%			
	VPL por hectare (R\$)	Relação B/C	TIR (%)	Payback (anos)	VPL por hectare (R\$)	Relação B/C	TIR (%)	Payback (anos)	VPL por hectare (R\$)	Relação B/C	TIR (%)	Payback (anos)
1S	35.572	14,08	1,92	12	20.096	14,08	1,54	12	8.702	14,08	1,24	12
2S	75.860	28,19	4,02	6	58.107	28,19	3,37	6	44.384	28,19	2,86	6
3S	10.205	14,71	1,55	8	6.274	14,71	1,35	8	3.188	14,71	1,18	8
4S	28.561	20,76	2,47	8	20.637	20,76	2,1	8	14.522	20,76	1,8	8
1M	29.844	12,29	1,42	9	13.833	12,29	1,2	9	1.543	12,29	1,02	9
2M	-192.970	-10,64	0,11	20	-192.177	-10,64	0,1	20	-190.680	-10,64	0,08	20
3M	90.359	16,98	2,04	8	60.591	16,98	1,71	8	37.621	16,98	1,45	8
4M	-4.227	4,81	0,9	6	-6.449	4,81	0,85	6	-8.391	4,81	0,8	6
1O	40.979	19,23	2,65	9	28.614	19,23	2,19	9	19.211	19,23	1,82	9
2O	56.974	29,85	4,96	7	43.734	29,85	4,14	7	33.534	29,85	3,48	7

4. Discussão

As diferenças entre os sistemas de cultivo tornam-se evidentes quando se analisa a evolução temporal do fluxo de caixa acumulado (Figura 10-2). Os monocultivos apresentam custos iniciais elevados e variabilidade acentuada entre modelos, refletindo a forte dependência de insumos e custos de implementação e manutenção elevados. Já os sistemas agroflorestais, convencionais e orgânicos, exibem crescimento mais previsível, com paybacks próximos e VPLs maiores e menos dispersos, evidenciando maior viabilidade econômica.

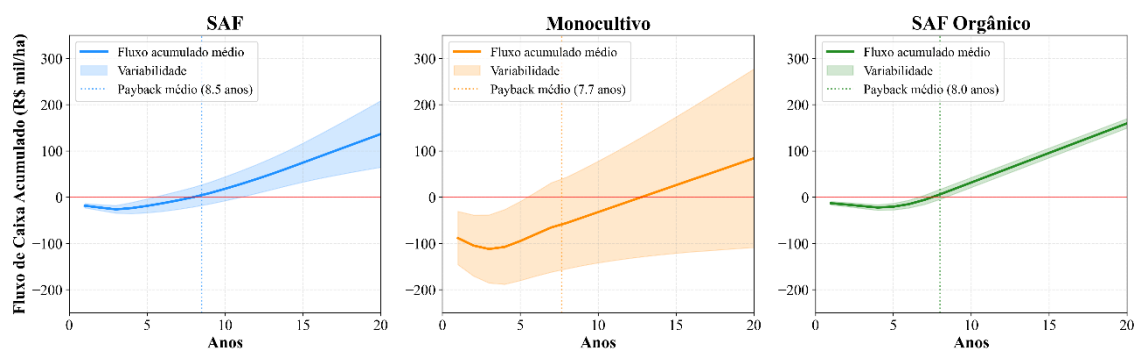


Figura 8-2 - Evolução temporal do fluxo de caixa acumulado médio dos sistemas de cacau por categoria de plantio (SAF, Monocultivo e SAF Orgânico), considerando horizonte de 30 anos e taxa de desconto de 10% a.a. A linha contínua representa o fluxo de caixa acumulado médio (R\$/ha), e a faixa sombreada indica a variabilidade entre modelos (± 1 desvio-padrão). A linha tracejada vertical mostra o payback médio, e o ponto final de cada curva corresponde ao Valor Presente Líquido (VPL) médio da categoria. Observa-se que os monocultivos apresentam custos iniciais mais elevados e maior dispersão, enquanto os sistemas agroflorestais e orgânicos exibem crescimento mais estável e previsível ao longo do tempo.

Dessa forma, os resultados obtidos no estudo divergem com a literatura internacional, que aponta uma maior rentabilidade dos monocultivos intensivos de cacau a curto prazo, devido à produção precoce e à homogeneidade desses sistemas de cultivo (Feintrenie; Schwarze; Levang, 2010; Kaba; Otu-Nyanteh; Abunyewa, 2020; Yamoah et al., 2021). Tal discrepância se deve, principalmente, ao preço utilizado no estudo. A relevância do preço fica evidente na análise de sensibilidade conduzida, onde a viabilidade desses modelos foi maior do que os demais utilizando-se o maior preço da série histórica, mas em cenários de preços médios e desfavoráveis, a viabilidade financeira do pleno sol é a menor. Diversos autores destacam que esses sistemas apresentam maior vulnerabilidade a oscilações de preço, pragas e eventos climáticos externos, conforme visto em alguns cenários de sensibilidade e no modelo 4M do presente do estudo (Clough; Faust; Tschardtke, 2009; Rice; Greenberg, 2000). Ao integrar condições de mercado e produtividade, o presente estudo contribuiu ao mostrar como as oscilações afetam a viabilidade econômica desses sistemas.

Por outro lado, estudos recentes conduzidos na Amazônia brasileira vêm demonstrando que sistemas agroflorestais (SAFs) de uma forma geral, tendem a ser mais resilientes a mudanças de

mercado e variação climática, além de diversificarem a renda e apresentarem benefícios ambientais relevantes (De Oliveira et al., 2023; Gasparinetti et al., 2022; P. P. Braga et al., 2023; Paraense et al., 2022; Veloso et al., 2025). O presente estudo, através da cultura do cacau, contribuiu para essa discussão ao quantificar essa resiliência econômica dos SAFs e mostrar que, em detrimento de custos menores de implantação e manutenção, esses sistemas tradicionais de produção do cacau são mais viáveis economicamente.

No caso dos sistemas agroflorestais orgânicos, destaca-se que os resultados encontrados apontam, na média, que eles possuem os maiores valores dentre os modelos, bem como os menores OPEX e CAPEX. Os resultados também indicam comportamento similar aos dos SAFs convencionais, em termos de estabilidade econômica e alta resistência a cenários adversos, conforme visto pela análise de sensibilidade. Essa estabilidade decorre, principalmente, da ausência de insumos químicos, o que influencia nos baixos custos de manutenção, ainda que aumente a necessidade de mão de obra para práticas de manejo e controle alternativo de pragas. É importante reconhecer que tais sistemas apresentam maior potencial de valorização de mercado, por não utilizarem insumos externos e oferecerem benefícios ambientais maiores, reforçando sua relevância no contexto da produção sustentável.

A interpretação dos resultados sugere sua comparação com estudos realizados em outros contextos produtivos, que também analisaram a viabilidade econômica de sistemas agroflorestais e monocultivos de cacau. Na África, Yamaoh et al., (2021) realizou uma comparação econômica entre diferentes sistemas de cacau, e verificou a superioridade dos sistemas pleno sol no curto e médio prazo, através de indicadores financeiros, contrastando com os resultados do presente estudo. Contudo, valores similares de taxa interna de retorno e valor presente líquido para cultivos de cacau também foram vistas em outros estudos, inclusive na região da Transamazônica paraense, alinhados com os resultados (Obiri et al., 2007; De Oliveira et al., 2023). Assim como no presente estudo, a produtividade de sistemas de cacau na região é elevada, bem como os preços pagos pelo kg de amêndoa, aumentando os valores desse indicador.

Em relação aos custos de implantação, o presente estudo apresenta resultados que complementam esforços realizados na literatura. Ao contrário da percepção dos produtores de cacau avaliada em estudos passados na região transamazônica paraense, os custos de implementação foram expressivamente maiores em plantios à pleno sol (Veloso et al., 2025). Ademais, o mesmo estudo aponta que produtores têm a percepção de que sistemas agroflorestais exigem mais mão de obra por hectare. Os resultados do presente estudo mostram o contrário: em valores médios, cerca de 56% dos custos dos modelos à pleno sol estão relacionados com mão de obra, enquanto nos sistemas agroflorestais esses valores são de 52%.

Além da convergência com os indicadores financeiros, outros trabalhos também mostram que os custos de manutenção a médio e longo prazo dos modelos a pleno sol é expressivamente maior, exigindo dobrar o uso de fertilizantes para manutenção da produtividade em relação aos sistemas agroflorestais (Amponsah-Doku et al., 2022; Parra-Paitan; Verburg, 2022; Wainaina et al., 2021). Esses estudos ainda evidenciam que, no longo prazo, a dependência de fertilizantes e defensivos agrícolas cresce, fator que não foi possível observar no presente estudo pela idade dos plantios a pleno sol avaliados (Amponsah-Doku et al., 2022).

Em relação às análises de sensibilidade, outros estudos também evidenciaram a menores variações dos indicadores financeiros dos sistemas agroflorestais frente às variações de preços e taxas de desconto, bem como a menor variação da produtividade ao longo prazo quando comparado à monocultivos (Owusu et al., 2022; Ramírez et al., 2001). Os resultados encontrados por Ramírez et al., (2001) na América Central mostram que, em alguns casos os SAFs apresentaram maior variabilidade que monocultivos, mas associada à possibilidade de ganhos adicionais, e não de perdas severas. Quando diversificados com outras fontes de renda, os sistemas agroflorestais podem amortecer ciclos de preços, e oferecer uma resiliência maior em cenários de incertezas de mercado, porém, essa abordagem não foi considerada no presente estudo. Além disso, a análise de sensibilidade indica que variações bruscas no preço afetam mais sistemas a pleno sol em comparação a SAFs. Outros estudos que simularam variações nos preços do cacau chegaram a conclusões similares, mostrando que apenas os SAFs se mantêm viáveis em todos os cenários (Owusu et al., 2022). A maior sensibilidade dos modelos à pleno sol às mudanças no preço do cacau se deve a estrutura dos custos de manutenção, que são maiores e com menor variação, de modo que uma queda no preço do cacau reduz de forma drástica a margem de lucro do produtor.

A ausência de diferenciação de preços entre cacau produzido em sistemas agroflorestais e monocultivos faz com que o mercado não reconheça os benefícios ambientais associados aos SAFs. Essa falha de precificação gera distorções econômicas, ao tornar aparentemente mais rentável um modelo produtivo que, na prática, impõe maiores custos ambientais e sociais. Ainda que os SAFs tenham apresentado resultados em média melhores que os monocultivos, em cenários de elevados preços da amêndoa, como em 2025 (Asante et al., 2025; ICCO, 2025), a viabilidade desses modelos se mostra significativamente superior.

Nesse contexto, políticas públicas e instrumentos de mercado que valorizam os serviços ecossistêmicos dos SAFs são essenciais para corrigir esse desequilíbrio e fomentar práticas produtivas sustentáveis. Dentre os instrumentos, destacam-se os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), que já tem sido implementado em diferentes países como forma de remunerar externalidades positivas da produção agroflorestal. Pela Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021 que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, foi criado um marco

legal para beneficiar produtores que adotem práticas que conservem serviços ecossistêmicos (BRASIL, 2021).

Outra iniciativa recente é a Lei nº 14.877/24, de 4 de junho de 2024, que cria a Política Nacional de Economia Circular e que, dentre as suas diretrizes, está previsto a criação de selos Verdes direcionados para cultivos de cacau agroflorestais na Amazônia, visando incentivar boas práticas ambientais na cadeia (BRASIL, 2024). Esse tipo de certificação ambiental tem potencial para diferenciar o cacau de origem agroflorestal certificado no mercado, permitindo que seja comercializado a um preço maior. Contudo, cabe ressaltar que esse instrumento ainda depende de regulamentação e detalhamento operacional para sua implementação, e que os preços ainda não foram definidos.

Ademais, instrumentos direcionados também são essenciais para aumentar a competitividade dos SAFs. Linhas de crédito específicas, com taxas de juros reduzidas e prazos de carência compatíveis com o ciclo mais longo desses sistemas ajudariam os produtores a reduzirem as dificuldades relacionadas aos custos de implantação desses sistemas e suavizar o período de carência até as primeiras receitas serem geradas. Cabe ressaltar que existem programas de crédito para impulsionar a agricultura de baixo carbono (como sistemas agroflorestais), em políticas recentes como o Programa ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), e que podem ser uma estratégia eficaz para estimular a adoção desse sistema de cultivo. Ademais, políticas voltadas à assistência técnica e extensão rural especializadas em manejo agroflorestal também são essenciais para aumentar a taxa de sucesso desses sistemas.

Além disso, iniciativas ligadas ao mercado de carbono foram colocadas como potenciais fonte adicional de renda, o que poderia complementar a atratividade econômica desses sistemas (Santhyami; Roziaty; Suparti, 2023). Outras alternativas seriam certificações e programas de sustentabilidade, como visto em outros estudos, que podem ampliar o acesso a mercados premium e proporcionar diferentes preços para a origem do cacau (Ingram et al., 2018). Além disso, percebe-se através da similaridade dos indicadores financeiros de sistemas convencionais e orgânicos, que o adicional pago aos produtores de cacau orgânico não se reflete em ganhos expressivos aos agricultores, apontando a necessidade de reajuste dos preços.

A adoção articulada desses instrumentos, como créditos diferenciados, PSA, certificação, apoio técnico, constituem um conjunto de políticas capazes de reduzir a vantagem aparente dos monocultivos, tornando os sistemas agroflorestais competitivos. Quando implementados de forma integrada, esses mecanismos atuam diretamente sobre as barreiras da transição produtiva e valorizam as externalidades positivas dos sistemas agroflorestais. Além disso, a combinação dessas políticas pode gerar um ambiente que estimule por decisões mais sustentáveis de produção a longo prazo.

Por fim, é preciso reconhecer as limitações na interpretação dos resultados do presente estudo. Primeiramente, não foi possível coletar dados econômicos de monocultivos a longo prazo, o que limita conclusões sobre seu desempenho a longo prazo. Além disso, alguns cenários foram construídos com base em extrapolações de preços futuros e produtividade, o que pode induzir incertezas. Dessa maneira, pesquisas futuras podem ampliar o número de propriedades avaliadas, coletar dados de sistemas a pleno sol com idades mais avançadas. Além disso, pesquisas futuras podem utilizar cenários de risco e considerar a variabilidade estocástica de preços e produtividade, como forma de superar as limitações das extrapolações utilizadas no presente estudo.

Também seria interessante a proposição de iniciativas de mercado ou incentivos como pagamentos por serviços ambientais, que pudessem oferecer subsídios concretos para formulação de estratégias que conciliem a competitividade produtiva com a sustentabilidade. Por último, seria relevante considerar além dos indicadores financeiros, as dimensões ambientais dos sistemas produtivos, como saúde do solo, balanço de carbono, biodiversidade e até mesmo outros aspectos sociais da produção, que poderiam aumentar a compreensão das vantagens e custos de cada sistema.

5. Conclusão

De forma geral, os resultados do estudo evidenciam que os sistemas agroflorestais apresentam desempenho econômico superior e mais estável quando comparados aos monocultivos, especialmente em condições de mercado realistas. Embora os monocultivos sejam capazes de gerar retornos absolutos elevados sob preços excepcionalmente altos, sua viabilidade depende fortemente de períodos de valorização da commodity. Os modelos analisados demonstram que, sob preços médios ou baixos, os monocultivos sofrem quedas acentuadas de rentabilidade, chegando à inviabilidade financeira em diversos cenários, o que reforça sua elevada exposição ao risco e sua dependência estrutural de insumos externos e condições de mercado favoráveis.

Em contrapartida, os sistemas agroflorestais — tanto os convencionais quanto os orgânicos — revelam maior eficiência econômica e resiliência. Esses sistemas mantêm VPL e relações benefício-custo positivos em contextos de preço médio e preservam perdas significativamente menores em cenários adversos, ao mesmo tempo em que apresentam menor sensibilidade à variação de produtividade e às alterações na taxa de desconto. Esses resultados indicam que a lógica de intensificação a pleno sol, apesar de oferecer retornos rápidos em situações específicas, carece de sustentabilidade financeira no longo prazo e se mostra mais vulnerável a choques de mercado e limitações produtivas, corroborando evidências da literatura sobre a durabilidade mais curta e maior instabilidade desses sistemas frente à resiliência dos SAFs.

Nesse sentido, os achados reforçam a importância de políticas públicas e instrumentos de mercado que reconheçam e valorizem os serviços ecossistêmicos, os benefícios socioambientais e a maior estabilidade econômica proporcionada pelos sistemas agroflorestais. Como demonstra a análise desenvolvida neste estudo, caso os produtores incorporassem fatores como segurança financeira de longo prazo, menor volatilidade de receitas, redução de custos operacionais e equilíbrio socioambiental em suas decisões produtivas, a atratividade relativa dos sistemas agroflorestais aumentaria substancialmente, potencialmente alterando o direcionamento da expansão da cacauicultura na região.

6. Referências bibliográficas

AHENKORAH, Y. et al. Twenty Years' Results from a Shade and Fertilizer Trial on Amazon Cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Experimental Agriculture*, v. 23, n. 1, p. 31–39, 1987.

AMERINO, Joseph; APEDO, Clever Kwasi; ANANG, Benjamin Tetteh. Factors influencing adoption of cocoa agroforestry in Ghana: Analysis based on tree density choice. *Sustainable Environment*, v. 10, n. 1, p. 2296162, 31 dez. 2024.

AMPONSAH-DOKU, Betty et al. Improving soil health and closing the yield gap of cocoa production in Ghana – A review. *Scientific African*, v. 15, p. e01075, mar. 2022.

ANDARU, F. Mario. Cost-Benefit Analysis of Corporate Investments in Tropical Forest Restoration. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1447, n. 1, p. 012029, 1 jan. 2025.

ANDRES, Christian et al. Cocoa in Monoculture and Dynamic Agroforestry. In: LICHTFOUSE, Eric (Org.). *Sustainable Agriculture Reviews*. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 19, p. 121–153.

ASANTE, Paulina A. et al. Climate change impacts on cocoa production in the major producing countries of West and Central Africa by mid-century. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 362, p. 110393, mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE CACAU (AIPC). A cadeia do cacau, 2026. Disponível em: <https://aipc.com.br/en/quem-somos/a-cadeia-do-cacau/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

BENTES-GAMA, Michelliny de Matos et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste–RO. *Revista Árvore*, v. 29, n. 3, p. 401–411, jun. 2005.

BORGONOVO, E.; PECCATI, L. Sensitivity analysis in investment project evaluation. *International Journal of Production Economics*, v. 90, n. 1, p. 17–25, jul. 2004.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14119.htm. Acesso em: 13 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.877, de 4 de junho de 2024. Institui a Política Nacional de Economia Circular e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 5 jun. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14877-4-junho-2024-795712-publicacaooriginal-171958-pl.html>. Acesso em: 31 out. 2025.

CECHIN, Andrei; DA SILVA ARAÚJO, Victor; AMAND, Louise. Exploring the synergy between Community Supported Agriculture and agroforestry: Institutional innovation from smallholders in a Brazilian rural settlement. *Journal of Rural Studies*, v. 81, p. 246–258, jan. 2021.

CEPLAC. Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, PA: CEPLAC, 2001. 125 p. (ISSN 0102-5511).

CLOUGH, Yann; FAUST, Heiko; TSCHARNTKE, Teja. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation Letters*, v. 2, n. 5, p. 197–205, out. 2009.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Panorama e tendências da cacauicultura brasileira. Brasília: CNA, 2021. 48 p. (Coleção CNA, Série Estudos; n. 215 – Cacau).

CORDEIRO, Samuel de Assis. Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais: o caso de Tomé-Açu (PA). Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/bcf25e21-f8b8-4cfe-b682-83d63ee71fd5>. Acesso em: 31 out. 2025.

COSTA, Luiz Alexsandro S.; OLIVEIRA, João Paulo Macedo de; SOUSA, Cláudio de Moura; COUTO, Rafael Felismino. Os efeitos da concorrência de trajetória no desenvolvimento sustentável: um estudo a partir do mercado de cacau na Amazônia. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 9, p. 33077–33095, 2023.

DE OLIVEIRA, Gilmar Maureline Teles da Silva et al. Viabilidade bioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia: estudo de caso em Tomé-Açu – Pará. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 14, n. 12, p. 21262–21284, 12 dez. 2023.

FEINTRENIE, Laurène; SCHWARZE, Stefan; LEVANG, Patrice. Are Local People Conservationists? Analysis of Transition Dynamics from Agroforests to Monoculture Plantations in Indonesia. *Ecology and Society*, v. 15, n. 4, p. art37, 2010.

GASPARINETTI, Pedro et al. Economic Feasibility of Tropical Forest Restoration Models Based on Non-Timber Forest Products in Brazil, Cambodia, Indonesia, and Peru. *Forests*, v. 13, n. 11, p. 1878, 9 nov. 2022.

GNANAPRAKASAM, Pavidra Devi; VANISREE, Arambakkam Janardhanam. *Recurring detrimental impact of agrochemicals on the ecosystem, and a glimpse of organic farming as a possible rescue*. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, p. 75103–75112, 2022.

GYAU, Amos et al. Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 1035–1045, dez. 2014.

HASAN, Sheikh Md. Nahid et al. Techno-Economic Performance and Sensitivity Analysis of an Off-Grid Renewable Energy-Based Hybrid System: A Case Study of Kuakata, Bangladesh. *Energies*, v. 17, n. 6, p. 1476, 19 mar. 2024.

IBGE. Em abril, IBGE prevê safra de 299,6 milhões de toneladas para 2024. Agência de Notícias do IBGE, 14 maio 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/40079-release-lspa-abril>. Acesso em: 13 out. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal – PAM 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INGRAM, Verina et al. The Impacts of Cocoa Sustainability Initiatives in West Africa. *Sustainability*, v. 10, n. 11, p. 4249, 17 nov. 2018.

ISAAC, Marney E. et al. A strategy for tree-perennial crop productivity: nursery phase nutrient additions in cocoa-shade agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, v. 81, n. 2, p. 147–155, fev. 2011.

JAGORET, Patrick; MICHEL-DOUNIAS, Isabelle; MALÉZIEUX, Eric. Long-term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, v. 81, n. 3, p. 267–278, mar. 2011.

JOAQUIM, Máisa Santos et al. Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais. *CERNE*, v. 21, n. 3, p. 439–447, set. 2015.

KABA, James S.; OTU-NYANTEH, Alexander; ABUNYEWA, Akwasi A. The role of shade trees in influencing farmers' adoption of cocoa agroforestry systems: Insight from semi-deciduous rain

forest agroecological zone of Ghana. NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences, v. 92, n. 1, p. 1–7, 1 dez. 2020.

KNOKE, Thomas et al. When considering uncertainty, agroforestry can reduce trade-offs between economic and ecological benefits. Agroforestry Systems, v. 99, n. 5, p. 126, jun. 2025.

KOUASSI, Jean-Luc et al. Exploring Barriers to Agroforestry Adoption by Cocoa Farmers in South-Western Côte d'Ivoire. Sustainability, v. 13, n. 23, p. 13075, 25 nov. 2021.

KOUASSI, Jean-Luc et al. Drivers of cocoa agroforestry adoption by smallholder farmers around the Taï National Park in southwestern Côte d'Ivoire. Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 14309, 31 ago. 2023.

LALANI, Baqir et al. Shade versus intensification: Trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? Agricultural Systems, v. 214, p. 103814, fev. 2024.

LANDAU, E. C. Evolução da Produção de Cacau (*Theobroma cacao*, Malvaceae). Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas, Sistemas agrícolas, paisagem natural e análise integrada do espaço rural. p. 529–556, 2020.

LOUREIRO, João Paulo Borges de et al. Viabilidade econômica da produção de cacau em um sistema de rotação com as culturas de pimenta-do-reino e maracujá no município de Tomé-Açu-PA. Revista Brasileira de Administração Científica, v. 12, n. 3, p. 358–373, 29 jun. 2021.

MALAJCZUK, G.; MOORE, R.; ANDERSON, G. The economics of agroforestry with pine and pasture in the 500 to 700 mm annual rainfall zone of Western Australia. Agroforestry Systems, v. 33, n. 1, p. 51–74, jan. 1996.

MATTALIA, Giulia et al. Contribution of cacao agroforestry versus mono-cropping systems for enhanced sustainability: A review with a focus on yield. Agroforestry Systems, v. 96, n. 7, p. 1077–1089, out. 2022.

MENEZES, A. J. E. A. et al. Perfil socioeconômico dos produtores de cacau na região da Transamazônica – Pará. In: Perfil da Cacaucultura na Região da Transamazônica. Embrapa Amazônia Oriental, 2023.

MONTEIRO, V. Cacau: 30 pesquisas sobre cacaucultura estão sendo desenvolvidas na Transamazônica. 2 fev. 2024. Disponível em: <<https://novo.ufra.edu.br>>. Acesso em 21 de novembro de 2025.

NAIR, P. K. Ramachandran; NAIR, Vimala D.; MOSER, Rachel L. Agroforestry for sustainable food production: integrating productivity with ecosystem services. In: MOSER, Rachel L.; NAIR,

P. K. R. (eds.). *Agroforestry Systems for Ecological, Social, and Economic Sustainability*. Cham: Springer, 2021. p. 157–179. DOI: 10.1007/978-3-030-75358-0_8.

NIETHER, Wiebke et al. Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. *Environmental Research Letters*, v. 15, n. 10, p. 104085, 1 out. 2020.

NOGUEIRA, M. S. *Economia Florestal*. Piracicaba: IPEF, 1999. (Utilizada como base metodológica secundária para contextualização dos indicadores econômicos.)

OBIRI, Beatrice Darko et al. Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. *Agroforestry Systems*, v. 71, n. 2, p. 139–149, 4 set. 2007.

OWUSU, Victor et al. Farmer perceptions and economic performance of cocoa agroforestry shade levels in Ghana. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 41, n. 10, p. 922–940, 26 nov. 2022.

P. P. BRAGA, Daniel et al. Good life in the Amazon? A critical reflection on the standard of living of cocoa and cattle-based smallholders in Pará, Brazil. *World Development Perspectives*, v. 31, p. 100520, set. 2023.

PADOVAN, M. D. P., DOUSSEAU, S., DIAS, R., MOREIRA, S., DA SILVA, A. E. S., DE SANTANA, E. N., GALEANO, E. Cadeia produtiva do cacau no Espírito Santo. Vitória, ES. Incaper, 168p. 2022.

PARAENSE, Vinicius de Campos et al. Viabilidade econômica de cacaueiros em sistemas agroflorestais no projeto de desenvolvimento sustentável Virola Jatobá, Anapu–PA. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 9, p. 63270–63285, 21 set. 2022.

PARRA-PAITAN, Claudia; VERBURG, Peter H. Accounting for land use changes beyond the farm-level in sustainability assessments: The impact of cocoa production. *Science of The Total Environment*, v. 825, p. 154032, jun. 2022.

QUINKENSTEIN, Ansgar; FREESE, Dirk; SCHNEIDER, Bernd Uwe. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science*, 2009.

RAMÍREZ, O. A. et al. Financial returns, stability and risk of cacao–plantain–timber agroforestry systems in Central America. *Agroforestry Systems*, v. 51, p. 141–154, 2001.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica de projetos florestais*. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 385 p.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica de projetos florestais*. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. (Usada para a definição clássica do VAE nas versões anteriores do livro.)

RICE, Robert A.; GREENBERG, Russell. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 29, n. 3, p. 167–173, maio 2000.

ROGNA, Marco; TILLIE, Pascal. An Analysis of Cocoa Market Fundamentals and Price Transmission in the Cocoa Value Chain. 2025. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=5118160>. Acesso em: 27 mar. 2025.

RUF, François; ZADI, Honoré. Cocoa: from deforestation to reforestation. In: First International Workshop on Sustainable Cocoa Growing, 1998.

SANTANA, Paula Jaqueline Antes et al. Identification and use of latent variables in the analysis of the effects of certification on cocoa farms in the Transamazon. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. e010781, 15 jan. 2025.

SANTHYAMI; ROZIATY, Efri; SUPARTI. Trade-off between carbon offset and economic benefit: potential of cocoa-based agroforestry system implemented in voluntary carbon market. 2 nov. 2023.

SANTOS, Pedro Zanetti Freire; CROUZEILLES, Renato; SANSEVERO, Jerônimo Boelsums Barreto. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, v. 433, p. 140–145, fev. 2019.

SANTOS, D. R. S.; SILVA, M. M. Agrobiodiversidade em áreas cultivadas com cacau em Altamira-Pará. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 12, n. 3, 2017.

SCHNEIDER, M. et al. Cocoa and total system yields of organic and conventional agroforestry vs. monoculture systems in a long-term field trial in Bolivia. *Experimental Agriculture*, v. 53, n. 3, p. 351–374, jul. 2017.

SEDAP; CEPLAC; FUNCACAU. Previsão de Safra de Cacau no Estado do Pará. Belém, 2023.

SILVA, Armando Fleury; CASTRO, Maria Sylvia Macchione Saes de C. Sustentabilidade e governança na cacauicultura brasileira: desafios e caminhos possíveis. *Ambiente & Sociedade*, v. 24, p. 1–24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/HqqdDL4WvPrVnBNmLVwf7ZM/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

SILVA, M. L.; 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. 26, n. 6, p. 931–936, 2002.

SOMARRIBA, Eduardo et al. Rehabilitation and renovation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 41, n. 5, p. 64, out. 2021.

SOMARRIBA, Eduardo; LOPEZ-SAMPSON, Arlene. *Coffee and Cocoa Agroforestry Systems: Pathways to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change*. 2018.

SUAREZ, Andres; GWOZDZ, Wencke. On the relation between monocultures and ecosystem services in the Global South: a review. *Biological Conservation*, v. 278, p. 109870, fev. 2023.

SUNDARASEN, S.; RAJAGOPALAN, U.; IBRAHIM, I. Money Matters: A Contemporary Review of Young Adults' Financial Behavior. *Societies*, v. 15, n. 304, 2025.

TEBKEW, Mekuanent et al. Comparative financial profitability of agroforestry and cereal monocropping practices in Northwestern Ethiopia. *Science of The Total Environment*, v. 996, p. 180164, set. 2025.

TENNHARDT, Lina M. et al. The role of household labour for sustainable intensification in smallholder systems: a case study in cocoa farming systems. *Regional Environmental Change*, v. 24, n. 2, p. 83, jun. 2024.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, 13 dez. 2011.

TONDOH, Jérôme Ebagnerin et al. Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation*, v. 3, p. 575–595, jan. 2015.

UGWUOKE, C. U.; OMEJE, B. A.; EZE, G. E. Consequences of excessive application of agricultural chemicals on the sustainable environment and food security. *International Journal of Agricultural Education and Research*, v. 2, n. 1, p. 100–108, 2024.

VAAST, Philippe; SOMARRIBA, Eduardo. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agroforestry Systems*, v. 88, n. 6, p. 947–956, dez. 2014.

VELOSO, Thaynara Cavalcante et al. Sociobioeconomic effects of the transition of cocoa grown in agroforestry systems to full sun in the Amazon. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. e010739, 23 jan. 2025.

VENTURIERI, A. et al. The sustainable expansion of the cocoa crop in the State of Pará. *Journal of Geographic Information System*, v. 14, n. 3, p. 294–313, 2022.

WCF – World Cocoa Foundation. Viabilidade econômica de sistemas produtivos com cacau: relatório técnico. São Paulo: Fundação Arapyau; World Cocoa Foundation, 2021. Disponível em:

<https://arapyau.org.br/wp-content/uploads/2021/11/viabilidade-economica-de-sistemas-produtivos-com-cacau.pdf>. Acesso em: 31 out. 2025.

WORLD COCOA FOUNDATION. CocoaAction Brasil, 2026. Disponível em: <https://worldcocoafoundation.org/programmes-and-initiatives/cocoaaction-brasil-portuguese>. Acesso em: 4 dez. 2025.

YAMOA, Fred A. et al. Working towards sustainable innovation for green waste benefits: the role of awareness of consequences in the adoption of shaded cocoa agroforestry in Ghana. *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1453, 30 jan. 2021.

CONCLUSÃO GERAL

A presente pesquisa buscou compreender o processo de intensificação agrícola no cultivo de cacau na região Transamazônica do Pará, articulando dimensões sociais e econômicas a partir de dois eixos complementares: (i) a análise dos fatores e motivações que influenciam a decisão dos produtores em adotar sistemas intensificados e (ii) a avaliação econômico-financeira comparativa entre sistemas agroflorestais e monocultivos. A integração desses resultados permitiu uma leitura abrangente sobre as forças que impulsionam a transição produtiva de sistemas agroflorestais para monocultivos e seus potenciais impactos sobre o produtor e para a cadeia produtiva desse fruto.

Os resultados do primeiro capítulo evidenciam que a motivação econômica, explicada pela busca por retornos mais rápidos, constitui o principal fator explicativo para a intensificação dos cultivos. Esse fator é preponderante sobretudo entre produtores mais jovens. Desse modo, o processo de intensificação reflete não apenas preferências individuais, mas também transformações culturais e estruturais da agricultura regional, marcadas pela modernização da cadeia de cacau e pela busca por maior produtividade no curto prazo. Assim, emerge uma questão central: será que os anseios dos produtores por maiores e mais rápidos retornos se confirmam na prática? Em outras palavras, os monocultivos de fato oferecem ganhos econômicos superiores aos sistemas agroflorestais?

No segundo capítulo, a análise econômica revelou que, embora os sistemas a pleno sol apresentem maiores retornos financeiros no curto prazo, os sistemas agroflorestais demonstram maior estabilidade econômica no longo prazo, menor dependência de insumos externos e melhor relação benefício-custo. Essa diferença de desempenho sugere que o aparente ganho de curto prazo dos monocultivos pode ser revertido em riscos econômicos no médio e longo prazo, sobretudo diante de variações de preços, custos de insumos e produtividade. Apesar dos resultados confirmarem os anseios levantados no capítulo 1, tais evidências reforçam a importância de políticas públicas e instrumentos de mercado que internalizem os benefícios ambientais e sociais dos sistemas agroflorestais, como Pagamentos por Serviços Ambientais, selos de certificação e linhas de crédito diferenciadas.

De forma integrada, os resultados apontam para um paradoxo central: a intensificação representa, ao mesmo tempo, uma oportunidade de aumento de produtividade e desenvolvimento regional, e um risco à sustentabilidade da produção cacaueira na Amazônia. O avanço de sistemas a pleno sol, motivado por ganhos econômicos rápidos em produtores jovens, conforme mostrado pelos resultados do capítulo 1, se não acompanhado por políticas de valorização dos serviços ecossistêmicos e de apoio técnico-financeiro aos produtores, pode comprometer a resiliência

ambiental dessa região e colocar os produtores em situações de risco no longo prazo, conforme demonstrado pelos resultados do capítulo 2.

Assim, dentre as contribuições desta dissertação destaca-se a abordagem integrada entre aspectos comportamentais e econômicos na análise da intensificação, aplicando métodos quantitativos (modelos logísticos e análise custo-benefício) a um tema tradicionalmente tratado de forma qualitativa e individual. Além disso, ao situar o estudo na Amazônia, a pesquisa amplia o debate predominantemente centrado em países africanos, oferecendo subsídios empíricos para políticas públicas regionais.

Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas ampliem a amostra utilizada e abordem outros polos produtivos, além da Transamazônia. Em relação à abordagem econômica, recomenda-se que os estudos ampliem o horizonte temporal de avaliação dos sistemas a pleno sol, incorporem análises de risco climático e explorem as interações entre dimensões econômicas e ecológicas do manejo do cacau. Em termos práticos, políticas voltadas à juventude rural, programas de crédito verde e incentivos de mercado podem desempenhar papel decisivo para equilibrar competitividade e sustentabilidade, fortalecendo a transição para uma bioeconomia amazônica que una produtividade e conservação.

ANEXOS

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO DO CAPÍTULO 1 E 2 (PROJETO POLINIZACACAU)

Entrevistador(a):

Data:

IDC: 01

IDF:

01001

IDI: 0100101

1. Perfil sociodemográfico

1.1. Nome:

1.2. Sexo:

1.3. Celular / whatsapp:

1.4. Idade:

1.5. Local de nascimento (município / estado):

1.6. Educação formal (anos):
(anos):

1.7. Tempo na comunidade

1.8. Tempo na agricultura (anos):
(anos):

1.9. Tempo cultivando cacau

1.10. Religião: S ☐ N ☐ Quais:

1.11: Associações / Sindicatos: S ☐ N ☐ Quais:

1.12. Projeto PolinizaCacau: ☐ Não conhece ☐ Ouviu falar

☐ Participante do estudo ecológico ☐ Outro:

2. Propriedade - Unidade de produção agrícola - informações gerais

2.1. Estado:

2.2. Município:

2.3. Endereço (Gleba/Lote):

2.4. Coordenada geográfica: Latitude:

Longitude:

Shape:

2.5. Área total do imóvel rural (ha):

2.6 - Atividades econômicas praticadas na unidade de produção agrícola do cacau (sublinhar a principal)

☐ Culturas temporárias ☐ Culturas permanentes ☐ Horticultura e floricultura

☐ Produção de sementes e mudas ☐ Produção agropecuária ☐ Aquicultura

☐ Agroindústria ☐ Turismo ☐ Extrativismo

☐ Outras atividades (citar):

2.7 - Descreva a sua propriedade:

Tem mata, capoeiras? Quais culturas são produzidas em sua propriedade por ordem de importância?

Produção anual? Área? Sistema agrícola?

	Tem	Área (Ha)	% da propriedade	
2.7.1 - Mata / vegetação nativa	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>			
2.7.2 - Capoeira	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>			
	Tipo	Área (Ha)	Produção 2023 (Ton)	Sistema agrícola
2.7.3 - Cultivo 1				
2.7.4 -Cultivo 2				

2.7.5 -Cultivo 3				
2.7.6 -Cultivo 4				
2.7.7 -Cultivo 5				
2.7.8 -Cultivo 6				

2.8. Se o cacau não for a cultura principal, o senhor possui a intenção de torná-lo o principal cultivo?

S ☐ N ☐

2.9. Na propriedade tem reserva legal? Onde está localizada?

☐ Não se aplica --> Por que? Explicar:

☐ Não possuo

☐ Não sei dizer

☐ RL na propriedade

☐ RL na propriedade próxima às áreas de produção de cacau

☐ RL compensada em outra(s) propriedade(s). --> Onde?

2.10. Na propriedade tem áreas de preservação permanente? De que tipo?

☐ Não

☐ Sim, áreas a beira de cursos d'água

☐ Sim, áreas com declividade alta

☐ Sim, outra:

☐ Sim, mas não dizer de qual tipo

2.11. As áreas de RL na propriedade estão localizadas próximas às áreas de produção do cacau?

☐ Menos de 100 m

☐ Entre 100m e 500 m

☐ Maior de 500 m

2.12. As áreas de APP na propriedade estão localizadas próximas às áreas de produção do cacau?

- ☐ Menos de 100 m
- ☐ Entre 100m e 500 m
- ☐ Maior de 500 m

3. Produção de cacau

3.1. Em relação à área onde se produz cacau, o senhor é:

- ☐ Proprietário
- ☐ Assentado
- ☐ Arrendatário
- ☐ Ocupante/Posseiro
- ☐ Gerente
- ☐ Filho do dono
- ☐ Empregado
- ☐ Outro:

3.2. - se for gerente, filho do dono, empregado ou outro, em qual categoria se encaixa o proprietário (patrão ou pai):

- ☐ Proprietário
- ☐ Assentado
- ☐ Arrendatário
- ☐ Ocupante/Posseiro

3.3. A produção do cacau é realizada

- ☐ individualmente pelo dono
- ☐ com participação familiar
- ☐ de forma coletiva com outros produtores e/ou famílias
- ☐ Outro:

3.4. Sistema agrícola na produção do cacau:

- ☐ Extrativismo em floresta
- ☐ Floresta enriquecida com cacau
- ☐ SAF (3 culturas ou mais) - listar as culturas:
- ☐ Consórcio (2 culturas) - listar as culturas:
- ☐ Monocultura - pleno sol:
- ☐ Outro:

3.5. - Caracterização do cacau cultivado

	Cultiva?	Quantos	Área (Ha)	Produção em 2023 (Ton)	Produtividade em 2023 (Ton/ha)
Nativo	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>				
Híbrido	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>				
Clone	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>				

	Irrigação	Meses que utiliza a irrigação	Tipo de irrigação	Idade dos pés produtivos mais antigos	Distância mínima de áreas de vegetação nativa	Frequência de visitaço
Nativo	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>					0 <input type="checkbox"/> 1xD <input type="checkbox"/> 1xS <input type="checkbox"/> 1xM <input type="checkbox"/>
Híbrido	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>					0 <input type="checkbox"/> 1xD <input type="checkbox"/> 1xS <input type="checkbox"/> 1xM <input type="checkbox"/>
Clone	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>					0 <input type="checkbox"/> 1xD <input type="checkbox"/> 1xS <input type="checkbox"/> 1xM <input type="checkbox"/>

3.6. Maquinário agrícola na produção de cacau

Tipo de maquinário utilizado	Quantidade	Comprado	Alugado
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.7. Adubação na produção do cacau, qual tipo?

Nenhuma adubação: S ☐ N ☐

Serrapilheira S ☐ N ☐

Poda / restos de fruta de cacau S ☐ N ☐

Pseudocaule de bananeira picado S

☐ N ☐

Compostagem S ☐ N ☐

Outro - especificar: ☐

Adubação	Produto / marca	Dosagem	Frequência	Fonte de informação sobre uso, dosagem
Química				
Orgânica				

3.8. Principais problemas sanitários na produção de cacau (insetos, pragas, fungos, doenças, etc.), e práticas de controle aplicadas

Listar por ordem de importância:

Perguntar sobre:

1. Herbicida

2. Fungicida

3. Inseticida

4.

Acaricida

5. Controle biológico

6. Controle cultural

7. Poda

8.

Outro:

	1	2	3
Problemas sanitários praga, insetos, pragas, fungos, doenças, etc.)			
Práticas de controle aplicadas			
Categoria de produto, defensivo			
Produto / marca			
Dosagem			
Tipo de uso			
Preventivo			
Caso a caso			
Sistemático			
Periodicidade de uso			
Floração			

Frutificação			
Fora dos anteriores			
Tendência nos últimos anos			
Quantidade			
Frequência			
Fonte de informação sobre uso, dosagem, etc.			

3.9. Trabalho na produção de cacau

	Número de pessoas		
Pessoas	residentes na propriedade	residentes trabalhando na produção de cacau	de fora da propriedade contratadas para trabalhar na produção de cacau
Homem			
Mulher			
Total			

3.10. Comercialização: Onde vende a produção de cacau e para quem?

	Vende onde?	Vende para quem?	Comercialização coletiva? Nome da associação/cooperativa / etc.
Nativo			N <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>
Híbrido			N <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>
Clone			N <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>

3.11. Preços durante a safra e durante a entressafra do ano de 2023

	Safra 2024 - Preço (R\$/kg)			Entressafra - Preço (R\$/kg)		
	Entre fevereiro e abril de 2024 (Amazonas)			Período que antecedeu a safra 2024		
	Entre março e agosto de 2024 (Pará)					
	médio	mínimo	máximo	médio	mínimo	máximo
Nativo						
Híbrido						
Clone						

4. Fontes de informação, trocas de informação e apoios sobre o cultivo do cacau

4.1. No que diz respeito à produção de cacau, quais são as **fontes de informação** que utiliza?

Fontes de informação	Usa	Confia nas informações
1. Meios de comunicação	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Televisão	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

Rádio	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Jornais impressos	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Revistas	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Material comercial	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Websites na Internet	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
2. Redes sociais (citar)		
Grupos Whatsapp	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outras:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outras:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outras:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4.2 - Com quem você **costuma conversar** sobre as questões relacionadas à produção de cacau?

Categoria de ator, pessoa ou organização	Conversou	Confia nas informações fornecidas
Produtor de cacau	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Agrônomo	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Membros de associação: _____	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Membros de sindicato: _____	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

Assistência técnica setor privado: _____	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Assistência técnica setor público: _____	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
ONG: _____	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Pesquisador / universidade	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Consultor	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Vendedor de insumos	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outro:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outro:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4.3 - De quem, pessoa ou organização, você **recebeu apoio** sobre as questões relacionadas à produção de cacau?

Categoria de ator, pessoa ou organização	Recebeu apoio	O apoio fornecido ajudou a melhorar a sua produção de cacau
Produtor de cacau	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Agrônomo	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Associação	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Sindicato	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Assistência técnica setor privado	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

Assistência técnica setor público	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
ONG	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Pesquisador / universidade	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Consultor	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Vendedor de insumos	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outro:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>
Outro:	S <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>	S <input type="checkbox"/> ± <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/>

4.4 - Em quais meses do ano você recebe em geral o serviço de assistência técnica rural?

Meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Frequência												

5. Conhecimento (ouviu falar, escutou, acha...) sobre polinização do cacau

5.1 - O que você já ouviu falar sobre polinização em geral?

5.2 - O que você já ouviu falar sobre polinização no cacau?

6. Práticas agrícolas e de manejo amigáveis em relação à polinização do Cacau

6.1. Você desenvolve alguma ação / práticas de manejo para afetar, favorecer, evitar de prejudicar os polinizadores o cacau na sua propriedade? Quais?

6.2. Você desenvolve práticas de polinização manual ou outra prática de polinização artificial?

6.3. Você tem gastos com a polinização? S ☐ N ☐ Valor anual:

6.4. - Quanto você considera importante os polinizadores para a produção de cacau? Explicar porque:

7. Perspectivas de futuro sobre o cultivo do cacau

7.0 Pergunta aberta sobre MC e cacau

7.1 - Pretende ficar na região produzindo cacau? S ☐ N ☐

7.2 - Por quanto tempo?

7.3 - Por quê?

7.4 - Tem filhos? S ☐ N ☐

7.5 - Você gostaria que seus filhos ficassem cultivando o cacau na região? S ☐ N ☐

7.6 - Por quanto tempo?

7.7 - Por quê?

7.8. Como você pretende seguir cultivando o cacau?

7.9. - Como você vê o futuro da produção de cacau na região?

7.10. - Como você gostaria que a produção do cacau evoluísse na região?

8. Aspectos financeiros

8.1. - Possui acesso ao crédito para a produção de cacau?

☐ Não

☐ Crédito público. Quais? Listar:

☐ Crédito privado. Quais? Listar:

☐ Outro. Quais? Listar:

8.2 - Possui algum benefício social?

☐ Não

☐ Sim, _____ quais?

9. Motivações em intensificar (Perguntas guiadoras)

9.1. – Quando você começou a cultivar cacau, qual era o seu sistema agrícola?

9.2. – Por que você escolheu esse sistema de cultivo?

9.3. – Você já tem ou pensa em migrar para o cacau a pleno sol?

9.4. – Por que você pensa, ou migrou, para o sistema a pleno sol?

9.5. – Você acredita que alguém influenciou sua decisão? Teve apoio de alguém para tomar essa decisão?

ANEXO 2 – TABELA ILUSTRATIVA DE FLUXO DE CAIXA

A tabela a seguir apresenta um exemplo meramente ilustrativo da estrutura utilizada para o cálculo dos fluxos sistemas produtivos avaliados. Cabe ressaltar que se utilizará o modelo 1O (SAF Orgânico) como exemplo, apenas para o ano 1, tendo em vista que a estrutura é a mesma para os demais anos. Os valores aqui apresentados correspondem aos dados econômicos reais coletados em campo, mas apenas demonstram o formato e a lógica de organização dos custos e receitas empregados na análise.

Os resultados detalhados da análise econômica encontram-se discutidos no Capítulo 2 e serão disponibilizados em detalhe no artigo científico derivado desta dissertação.

Tabela ilustrativa da consolidação do fluxo de caixa (Ano 1 - Modelo 1O).

Atividade ou Insumo	Quantidade	Valor (R\$)	Custo ou Receita	Valor total (R\$)
Sementes	2500	2	Custo	5000
Fertilizante orgânico	30	100	Custo	3000
Plataforma de secagem	1	25000	Custo	25000
Cocho	2	800	Custo	1600
Limpeza da área	5	550	Custo	2750
Capina	9	150	Custo	1350
Fertilização	4	150	Custo	600
Plantio	55	150	Custo	8250
Preparo do solo	6	550	Custo	3300
Fluxo de Caixa (Ano 1)				50.850,00