



Novos Cadernos NAEA

v. 28, n. 3 • dez. 2025 • ISSN 1516-6481/2179-7536


doi

ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES NA CACAUICULTURA NA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA, PARÁ

TECHNOLOGY ADOPTION AND INNOVATION IN COCOA CULTIVATION IN THE TRANSAMAZON REGION, ESTATE OF PARÁ

Deborah Evelyn Vieira Leite  

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pará,
mestranda do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade
e Conservação - PPGBC - UFPA

Miquéias Freitas Calvi  

Doutor em Ambiente e Sociedade, pela Universidade Estadual de Campinas -
UNICAMP, professor da UFPA

Marcos Antônio Souza dos Santos  

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Economia, professor da Universidade Federal
Rural da Amazônia - UFRA

Evandro Ferreira da Silva  

Doutorado e Mestrado em Ciências Florestais, professor PPGBC - UFPA

Emilio F. Moran  

Doutor em Antropologia - University of Florida, professor NEPAM - UNICAMP

RESUMO

Este artigo analisou a adoção de tecnologias e inovações nas práticas agrícolas da cacauicultura na região da Transamazônica, no estado do Pará, um dos principais polos de produção cacauceira do país. A pesquisa foi baseada em dados coletados por meio de questionário estruturado aplicado a produtores de quatro municípios da região no ano de 2023, abordando aspectos como sistema de cultivo, uso de irrigação, mecanização, adubação, calagem, assistência técnica e crédito rural. Os resultados indicam que o uso de tecnologias, como o uso de clones, está fortemente condicionado ao acesso à irrigação, ao crédito e à implantação de novos plantios. A assistência técnica, apesar de presente, demonstrou impacto limitado, indicando a necessidade de programas mais eficazes e acessíveis. A mecanização ainda é restrita, com produtores recorrendo ao compartilhamento de equipamentos. Práticas tradicionais, como o espaçamento entre plantas, estão sendo ajustadas para integrar as inovações tecnológicas e contornar a escassez de mão de obra. Apesar dos desafios estruturais, os cacauicultores demonstram disposição e criatividade na adoção de novas práticas, o que revela um potencial significativo para o avanço tecnológico e a consolidação de uma cacauicultura mais sustentável e competitiva na região.

Palavras-chave: cacau; sistemas agroflorestais; clones; cultivo a pleno sol; mecanização; Amazônia.

ABSTRACT

This article examines the adoption of technologies and innovations in cocoa farming practices in the TransAmazon region, in the Estate of Pará, Brazil – one of the country's leading cocoa production hubs. The study is based on data collected through structured questionnaires administered to rural households in four municipalities in 2023, covering aspects such as cultivation systems, irrigation, mechanization, fertilization, liming, technical assistance, and rural credit. The findings indicate that technological adoption, such as clonal propagation, is highly conditioned by access to irrigation, credit, and the establishment of new plantations. Although technical assistance is available, its impact remains limited, indicating the need for more effective and accessible programs. Mechanization is still scarce, with producers using equipment sharing. Traditional practices, such as spacing between plants, are being adjusted to incorporate technological innovations and mitigate labor shortages. Despite structural challenges, cocoa farmers show both willingness and creativity in adopting new practices, underscoring significant potential for technological advancement and the consolidation of more sustainable and competitive cocoa farming in the region.

Keywords: cocoa; agroforestry systems; clones; unshaded cocoa; mechanization; Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A adoção de tecnologias e inovações no setor agropecuário é um fenômeno multidimensional e complexo, influenciado por fatores socioeconômicos, político-institucionais, culturais e ambientais (Munguia; Llewellyn, 2020), e, por longo tempo, tem sido foco do serviço de extensão rural e políticas públicas, seja na perspectiva de elevar produtividade e ganhos de rendimento e/ou reduzir os impactos ambientais das atividades agropecuárias (Streletskaya *et al.*, 2020).

A adoção de inovações é compreendida como um processo social e econômico, mediado pela percepção de risco, pela disponibilidade de informação e pela capacidade de investimento dos agricultores (Rogers, 2003), que compreende etapas de busca de informações, conscientização, experimentação em escala reduzida, avaliação, adoção e, geralmente, resulta em abandono de tecnologia ou processos em favor de alternativas superiores (Procópio; Binotto; Pereira, 2024; Weersink; Fulton, 2020).

Dentre os principais vetores de transformação da cacauicultura na Amazônia brasileira está a adoção de tecnologias e inovações, destacando-se o uso de mudas enxertadas ou clonais de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), que representam um marco no processo de modernização produtiva, por possibilitarem maior produtividade, resistência a doenças e uniformidade na colheita (Guimarães *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2023). Outros aspectos relevantes envolvem a transição de sistemas tradicionais de sistemas agroflorestais (SAFs), baseados em propagação por sementes, de desenhos diversificados e manejo extensivo, para sistemas mais intensivos e tecnificados, caracterizados pelo uso de clones e pela introdução de novos espaçamentos de plantio, irrigação, adubação e mecanização (Morello *et al.*, 2018; Veloso *et al.*, 2025). Essas mudanças estruturais nos sistemas produtivos refletem, em parte, um esforço dos produtores para alinhar seus sistemas de produção ao contexto institucional e econômico regional e às exigências de mercados cada vez mais competitivos.

Os clones de cacaueteiro vêm sendo amplamente promovidos por apresentarem ganhos expressivos de produtividade e qualidade das amêndoas, sendo considerados uma das principais inovações tecnológicas da cadeia produtiva (Dessauw *et al.*, 2024). Contudo, sua adoção demanda investimentos iniciais elevados, acesso a mudas certificadas, irrigação e acompanhamento técnico especializado, fatores nem sempre disponíveis aos pequenos produtores da Amazônia (Braga *et al.*, 2023; Calvi *et al.*,

2025). Compreender os determinantes socioeconômicos da adoção desses mecanismos é essencial para orientar políticas públicas voltadas ao fortalecimento da cadeia produtiva do cacau e à redução das desigualdades no acesso à inovação.

O cultivo de cacauzeiro desempenha um papel central na economia da região da Transamazônica, situada no Sudoeste do estado do Pará (Venturieri *et al.*, 2022). A área compreende o entorno da rodovia Transamazônica (BR-230), englobando oito municípios que compõem a microrregião geográfica de Altamira. A escolha desta região como estudo de caso deve-se ao fato de ser o principal polo cacauicultor do estado (Calvi *et al.*, 2020), responsável por 63,8% da produção do Pará (IBGE, 2025), e por concentrar tanto áreas tradicionais de sistemas agroflorestais (Camargo; Schindwein; Padovan, 2019; Igawa; Anjos; Toledo, 2021) quanto novas áreas de expansão em sistemas monoclonais a pleno sol, constituindo um cenário ideal para avaliar os fatores que influenciam a adoção tecnológica.

Cerca de 90% da produção de cacau do Pará é proveniente de lavouras em sistemas agroflorestais (Hernandes *et al.*, 2022; Santos; Hamid; Calvi, 2023), sistemas diversificados que asseguram maior sustentabilidade ambiental ao combinar o cacauzeiro com outros cultivos agrícolas e espécies florestais, predominantemente nativas (Braga; Domene; Gandara, 2019; Ribeiro *et al.*, 2024; Vallejos-Torres *et al.*, 2023). Apesar do destaque econômico, a cacauicultura regional tem enfrentado entraves históricos relacionados ao acesso a serviços e políticas públicas essenciais, como assistência técnica e crédito rural (Braga *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023), e a insumos, produtos e equipamentos no mercado de suprimentos regional. Esses desafios comprometem a capacidade dos cacauicultores de incorporarem produtos, serviços ou processos tecnológicos e modernos que poderiam elevar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas produtivos e o fortalecimento da competitividade regional.

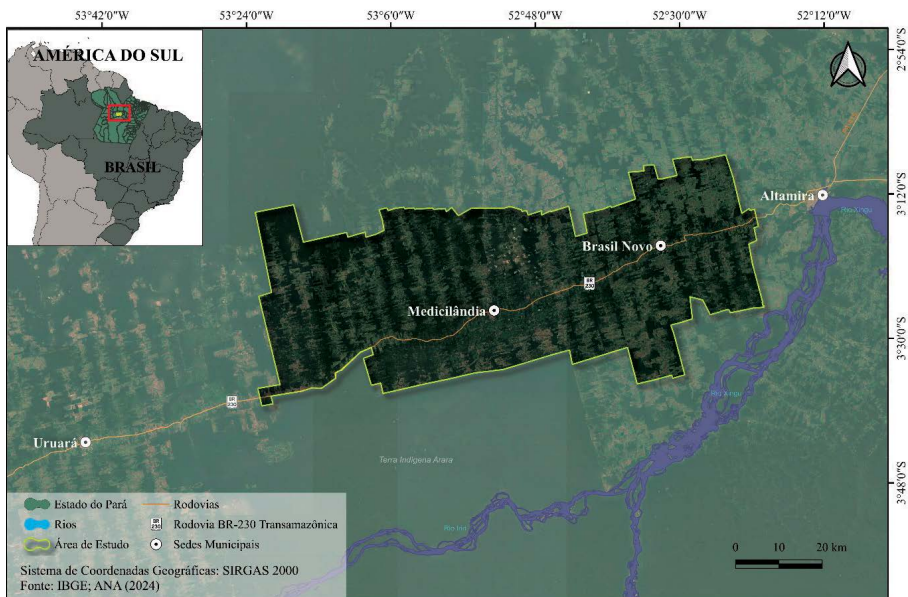
Compreender o cenário da cacauicultura na Transamazônica é importante para identificar barreiras à modernização e aos processos de inovação tecnológica. Nesse contexto, analisar a conjuntura recente relacionada à adoção de mudas clonais, novos arranjos e sistemas de plantio e das condições que favorecem a disseminação dessas tecnologias se configura um elemento estratégico para pensar programas específicos, tais como ações de assistência técnica adaptada e contextualizada à realidade local e iniciativas de crédito que promovam maior sustentabilidade ambiental e eficiência produtiva.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é analisar e caracterizar a adoção de tecnologias e inovações na cacauicultura da região da Transamazônica, com ênfase na adoção de clones de cacaueteiro, de modo a fornecer subsídios para estratégias que estimulem maior eficiência, aumento da competitividade e sustentabilidade no cultivo do cacau regional e nas transformações estruturais associadas aos novos sistemas de plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está a oeste da cidade de Altamira, localizada entre os quilômetros 15 e 140 da rodovia Transamazônica (BR-230), abrangendo partes dos territórios dos municípios de Altamira, Brasil Novo, Medicilândia e Uruará, no sudoeste do Pará, Amazônia brasileira (Figura 1). Com aproximadamente 404 mil hectares, incluindo 3.916 propriedades rurais, de acordo com dados de grade fundiária original do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), a região foi um modelo de colonização no âmbito do Programa de Integração Nacional (PIN), da década de 1970, que visava integrar as regiões Norte e Nordeste do Brasil, por meio de projetos de colonização e infraestrutura (Silva Filho, 2016).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE; ANA (2024)

A escolha desses quatro municípios deve-se ao fato de constituírem o núcleo histórico da colonização da Transamazônica e concentrarem os sistemas produtivos mais representativos da cacauicultura regional. Esses municípios estão entre os que lideram a produção cacaueteira estadual e incorporam tanto áreas tradicionais de SAFs quanto novas áreas de expansão com sistemas monoclonais, irrigados e a pleno sol (Veloso *et al.*, 2025).

O estudo utiliza dados de uma pesquisa de painel coletados em quatro períodos distintos: 1997/1998, 2005, 2015 e 2023. Para este artigo, foram analisados os dados referentes à última etapa, conduzida entre junho e julho de 2023, no âmbito da pesquisa “Impactos sociais e econômicos no setor agropecuário no período pós-construção da hidrelétrica de Belo Monte: análise a partir de survey aplicado na área rural da região do Xingu, no Pará”, com Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 68628123.7.0000.8142. Embora as quatro pesquisas tenham mantido a mesma estrutura conceitual e amostral, os instrumentos de coleta não foram idênticos em todos os períodos, mas semelhantes, com ajustes graduais para aprimorar a captação de informações sobre práticas agrícolas e uso da terra.

A pesquisa adota dados longitudinais com um universo amostral fixo de 402 propriedades agrícolas, selecionadas aleatoriamente e estratificadas por coortes de período de ocupação das propriedades, após a implementação do programa de colonização da região (Brondízio, 2005; Brondízio *et al.*, 2002; Moran *et al.*, 2000). Foram aplicados questionários às famílias agricultoras para coletar dados socioeconômicos e demográficos dos domicílios rurais, históricos de uso da terra e estratégias produtivas e econômicas. Os questionários continham questões abertas e de múltipla escolha, permitindo uma coleta de dados detalhada.

Neste artigo, analisamos exclusivamente propriedades que cultivam cacau, com foco na adoção de tecnologias e inovações agrícolas (Quadro 1). Essa abordagem permitiu identificar o uso de tecnologias, os principais desafios enfrentados e a disposição dos produtores para adotar inovações.

Quadro 1 – Práticas analisadas em cada etapa do cultivo de cacau

Etapas	Práticas analisadas
Plantio	Escolha de variedades, preparo de área, espaçamento, uso de mudas clonadas/enxertadas e/ou seminais, sistemas agroflorestais e/ou monocultivo
Manejo	Sistema de irrigação, adubação e calagem, controle de ervas daninhas, cultivos orgânicos e convencionais
Colheita	Equipamentos mecanizados
Pós-colheita	Fermentação, secagem e produção de amêndoas de cacau fino

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Devido a transações de compra, venda e subdivisão de propriedades ao longo dos anos, o número total de propriedades agrícolas variou entre as etapas do painel. Das 402 inicialmente pesquisadas, em 2023, 356 ainda estavam disponíveis, sendo que 2,8% (10 propriedades) recusaram participar da pesquisa. Assim, foram coletados 346 questionários, dos quais 68% (236) referem-se a propriedades com cultivo de cacau.

Para a análise dos dados, utilizou-se o *software* R (versão 4.4.1). Foram aplicadas estatísticas descritivas como médias, frequências e percentuais, para sumarizar as informações coletadas e identificar padrões de adoção tecnológica. Essa etapa teve caráter exploratório e serviu para orientar as análises subsequentes. A visualização dos dados foi realizada com o pacote *ggplot2* (Wickham, 2016).

Para investigar a relação entre práticas agrícolas e o uso de clones de cacauero, foi ajustado um modelo de regressão logística (Hair Junior *et al.*, 2009), no qual a variável dependente binária foi a presença de clones. Variáveis independentes incluíram o uso de irrigação, aplicação de herbicida, novos plantios (desde 2019), adubação, sistema de cultivo a pleno sol, crédito rural e orientação técnica.

Além disso, foram estimados coeficientes de significância e *odds ratios* para interpretar o impacto de cada prática sobre a presença de clones. A precisão do modelo foi avaliada por meio da matriz de confusão e da curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), com a área sob a curva (AUC) indicando a capacidade de discriminar entre a presença e ausência de clones.

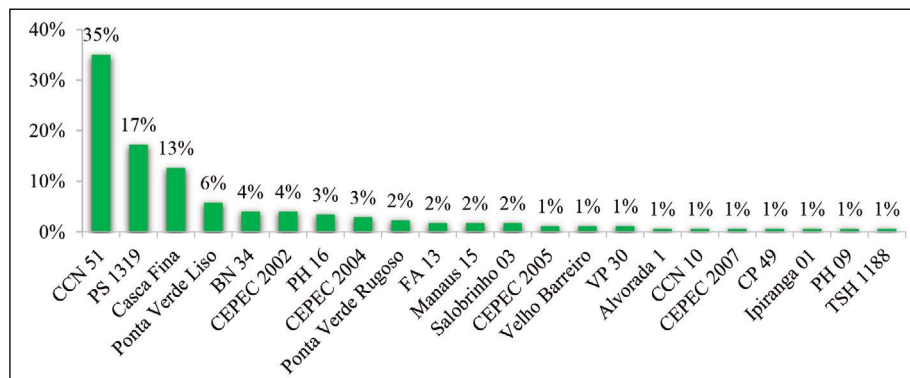
Para explorar as transformações estruturais associadas às mudanças tecnológicas e processos produtivos, utilizou-se o teste de Qui-Quadrado de Pearson, a fim de verificar a associação entre a adoção de novas áreas de plantio e diferentes espaçamentos. Essa análise tem caráter complementar,

para evidências adicionais sobre como as decisões de plantio e mecanização se relacionam com o processo de inovação. O nível de significância estabelecido foi de 0,05, e os resultados foram interpretados com base no valor do qui-quadrado (χ^2), graus de liberdade (df) e valor-*p* associado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados entre os produtores de cacau na região da Transamazônica evidenciam a importância da cacauicultura para a economia regional, sendo a principal fonte de renda para 55,5% das famílias e fonte secundária para 22%. No que se refere à adoção de novas tecnologias, 32,6% dos produtores utilizam mudas clonais ou enxertadas, com destaque para o clone CCN 51, seguido dos clones PS 1319 e Casca Fina, valorizados pela produtividade e resistência (Figura 2). O clone CCN 51, em particular, é amplamente utilizado por sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais, desde áreas de alta precipitação até regiões com déficit hídrico (Jaimez *et al.*, 2022, 2024; Santos *et al.*, 2023).

Figura 2 – Principais clones/materiais genéticos utilizados pelos cacauicultores da região da Transamazônica (2023)



Fonte: Pesquisa de campo (2023).

Apesar da centralidade econômica do cacau, o setor ainda apresenta baixos níveis de modernização tecnológica: apenas 8,9% dos produtores utilizam irrigação, aplicada sobretudo em cultivos de cacau enxertado a pleno sol (85,7%). A baixa adesão à irrigação pode estar relacionada tanto ao alto custo de instalação quanto à disponibilidade hídrica e ao conhecimento técnico limitado sobre o manejo eficiente da água. Essa situação é similar à observada em outros contextos tropicais, como em Gana, onde a falta de

infraestrutura básica e apoio institucional limita a capacidade adaptativa dos pequenos agricultores, mesmo diante da oferta de tecnologias adequadas (Baffour-Ata *et al.*, 2024).

Quanto à adubação, 50,8% dos entrevistados afirmaram ter aplicado fertilizantes nos três anos que antecederam a pesquisa, enquanto 24,2% realizaram calagem. Fatores como o acesso ao crédito rural, presença de serviço de assistência técnica e experiência prévia com práticas agrícolas são determinantes para a adoção dessas tecnologias (Morello *et al.*, 2018). Esses elementos também se destacam como variáveis relevantes no contexto da cacauicultura regional, uma vez que produtores com acesso a linhas de crédito ou apoio técnico regular demonstram maior propensão à utilização de insumos agrícolas.

O controle de ervas daninhas é feito por 63,1% dos produtores com o uso de roçadeiras ou enxadas motorizadas, enquanto 26,7% ainda utilizam ferramentas manuais. A escassez de mão de obra, apontada por 55% dos produtores como insuficiente no âmbito familiar e por 62% como difícil de contratar, tem impulsionado o uso de alternativas para o manejo, entre elas o uso crescente de herbicidas, adotados por 33% dos produtores. A aplicação aérea de insumos químicos, especialmente com drones, tem ganhado espaço como solução prática em áreas maiores ou de difícil acesso, embora seu uso ainda seja incipiente, sendo opção exclusiva das famílias que desenvolvem lavouras a pleno sol ou SAFs em formação, já que a presença de árvores em SAFs consolidados é **uma limitação ao uso dessa tecnologia**. Ainda assim, a aplicação desses insumos ocorre, em grande parte, de forma empírica e sem acompanhamento técnico contínuo, o que compromete a eficácia da prática.

Práticas orgânicas, que excluem o uso de agroquímicos, **são adotadas por 7,6% dos produtores**. Esses dados refletem a busca por maior eficiência frente à limitação de mão de obra e aos desafios estruturais enfrentados pelos pequenos produtores na adoção segura e técnica de tecnologias no campo.

Em relação às práticas de pós-colheita, 55,5% realizam a fermentação das amêndoas, predominantemente, em sacos (93%). A produção de cacau fino ainda é incipiente na região, com apenas 2,1% dos produtores elaborando alguns lotes voltados ao mercado regional e à exportação.

A figura 3 apresenta informações sobre novas plantações e práticas de manejo adotadas a partir de 2019. A distribuição dos novos plantios (Figura 3A) indica um maior percentual de áreas novas implantadas nos anos de 2021 (10,7%) e 2022 (14,3%). Esse aumento está relacionado à elevação dos preços pagos aos cacauicultores a partir de 2019. Naquele ano, o quilograma

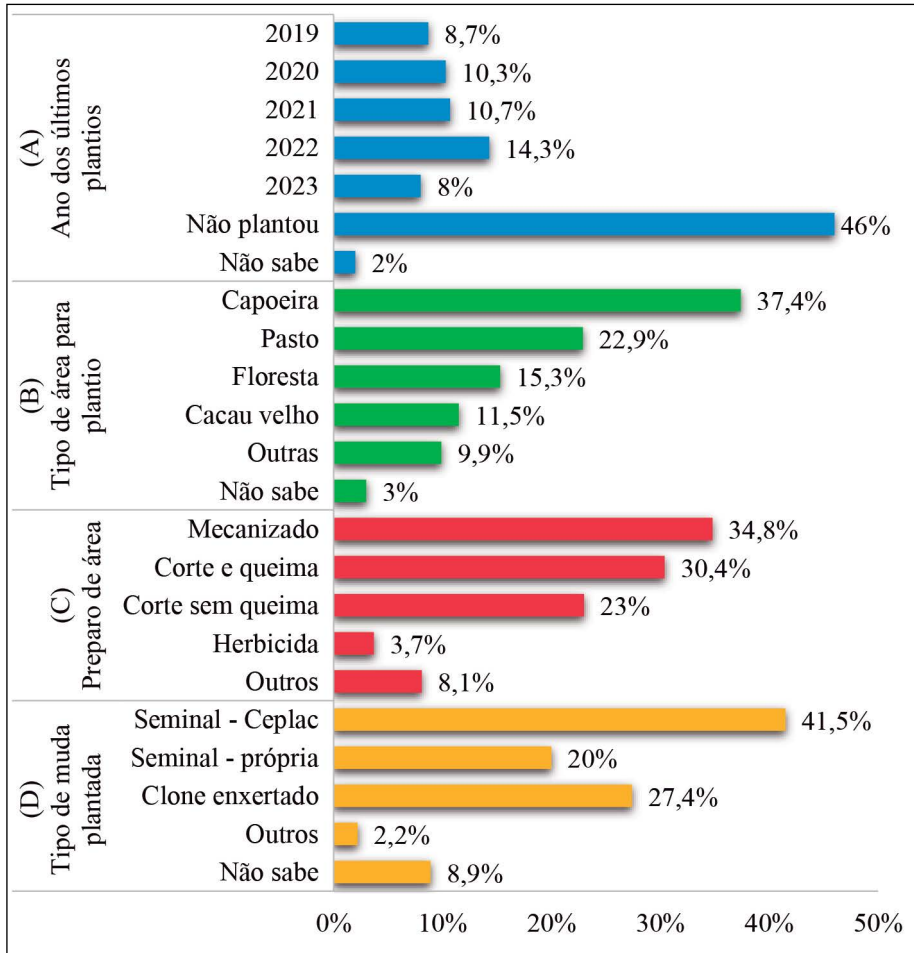
de amêndoas foi comercializado a um preço médio de R\$ 9,28, tendo como referência o município de Medicilândia. Em 2021, esse valor chegou a R\$ 16,37 e, em 2022, a R\$ 14,14 (Agrolink, 2025). **A tendência de expansão da lavoura cacaeira nessa região é ainda maior, já que**, no período de 2024 até o primeiro semestre de 2025, os preços do cacau no mercado internacional bateram recordes e o valor do quilograma de amêndoa do cacau convencional chegou a atingir preço de R\$ 76,00 nas cidades de Altamira e Medicilândia.

A valorização do produto tem sido impulsionada por mudanças estruturais nos sistemas de produção dos principais países produtores, pelos efeitos das mudanças climáticas, crises fitossanitárias e pelo aumento da demanda por chocolate e outros derivados. Esses fatores têm provocado desequilíbrios na oferta e demanda, resultando na elevação dos preços (Charry *et al.*, 2025; Olarte-Libreros *et al.*, 2025; Veloso *et al.*, 2025). Apesar do estímulo representado pelos preços, a implantação dessas novas áreas está associada ao investimento autônomo dos produtores, e não por meio de maior acesso ao crédito rural (Santos; Hamid; Calvi, 2023). Apenas 3% dos produtores entrevistados relataram ter acessado crédito em 2022, percentual semelhante ao observado em anos anteriores.

A origem das áreas para os novos plantios (Figura 3B) aponta a predominância de **áreas ocupadas por vegetação secundária (capoeira, 37,4%)** e pasto (22,9%), com menor proporção de áreas de floresta (15,3%). Esse padrão indica uma abordagem relativamente conservacionista no uso do solo, o que evita a supressão de vegetação nativa e promove um uso mais racional das áreas disponíveis (Calvi *et al.*, 2025). Essa tendência pode ser fortalecida por políticas públicas voltadas à recuperação produtiva de áreas degradadas, alinhadas aos princípios da sustentabilidade. No entanto, é importante considerar que a intensificação produtiva por meio da adoção de tecnologias nem sempre reduz a pressão sobre novas áreas, como apontado por Caviglia-Harris (2018).

A preparação do solo para os novos plantios envolveu métodos mecânicos (34,8%) e a prática de corte e queima (30,4%). Embora ainda comum, o corte e queima levantam preocupações ambientais devido à emissão de carbono e à degradação do solo. Por outro lado, o uso de maquinário representa um avanço em direção a métodos mais eficientes e menos impactantes (Figura 3C). Quanto à origem das mudas, a maior parte provém de sementes (41,5% adquiridas da CEPLAC e 20% pelos próprios produtores), enquanto 27,4% optaram por mudas clonais enxertadas (Figura 3D).

Figura 3 – Informações sobre os novos plantios de cacau realizados a partir de 2019 na região da Transamazônica. Os gráficos apresentam a distribuição percentual dos produtores de acordo com: (A) ano dos últimos plantios; (B) tipo de área utilizada para o plantio; (C) preparo de área; e (D) tipo de muda utilizada



Fonte: Pesquisa de campo, 2023.

A adoção de clones representa uma das inovações mais relevantes para o aumento da produtividade na cacauicultura. Esses materiais genéticos são selecionados com base em características agronômicas superiores, como alta produção de frutos, uniformidade na maturação, qualidade física e química das amêndoas, redução da altura das plantas, além de maior resistência a doenças e pragas (Guimarães *et al.*, 2022).

Nesse sentido, os resultados do modelo de regressão logística binária (Tabela 1) indicam a importância de determinados fatores no processo de adoção de clones. O modelo apresentou um ajuste satisfatório, com deviance residual de 201,56 e AIC de 217,56, indicando que variáveis como uso de irrigação, herbicidas, novos plantios (desde 2019), adubação, sistema a pleno sol, crédito rural e orientação técnica melhoram significativamente a predição da presença de clones. O coeficiente negativo do intercepto (-3,4527) reflete que, sem o uso dessas variáveis, a probabilidade prevista de um produtor adotar clones é bastante baixa.

Tabela 1 – Coeficientes e significância dos preditores na regressão logística binária sobre a presença de clones

Variável	Coeficiente	Erro padrão	Valor z	p-valor	Odds ratios (OR)
Intercepto	-3,4527	0,4948	-6,978	< 0,001 ****	0,0317
Sistema de irrigação	3,3334	1,0847	3,073	0,00212 ***	28,0330
Novos plantios ¹	1,6965	0,3802	4,462	< 0,001 ****	5,4549
Uso de herbicida	0,7052	0,3623	1,946	0,05163 *	2,0243
Pleno sol	0,9015	0,3606	2,500	0,01242 **	2,4632
Adubação	0,6362	0,3630	1,753	0,07967 *	1,8893
Crédito rural	1,0034	0,3732	2,689	0,00717 ***	2,7275
Orientação técnica	-0,3140	0,3758	-0,836	0,40330	0,7305

Significância: * = $p < 0,1$; ** = $p < 0,05$; *** = $p < 0,01$; **** = $p < 0,001$

¹ Novos plantios realizados a partir de 2019.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Variáveis como uso de irrigação (OR = 28,03; $p = 0,002$), novos plantios (OR = 5,45; $p < 0,001$), cultivo a pleno sol (OR = 2,46; $p = 0,012$) e acesso a crédito rural (OR = 2,73; $p = 0,007$) foram significativamente associadas à adoção de clones. O uso de herbicidas também apresentou uma associação positiva marginalmente significativa com a adoção de clones ($p = 0,052$), assim como a adubação ($p = 0,080$). Já a orientação técnica não demonstrou efeito significativo ($p = 0,403$), o que pode refletir a limitada disponibilidade de assistência técnica na região.

A análise de deviance (Tabela 2) reforça esses achados, indicando que todas as variáveis, exceto a orientação técnica, contribuem significativamente para o modelo. Irrigação, novos plantios e uso de herbicida apresentaram os menores valores de p , destacando-se como os principais preditores da adoção de clones. O modelo é adequado para previsão, evidenciado pela

AUC de 0,8525, sugerindo bom desempenho na distinção entre os grupos e uma boa capacidade preditiva na identificação de práticas e recursos que promovem a adoção de novas tecnologias, como os clones de cacauero.

Tabela 2 – Análise de Deviance para as variáveis predictoras do modelo de regressão logística.

Variável	Df	Deviance	Residual Df	Residual deviance	p-valor
Sistema de irrigação	1	40,819	231	254,86	< 0,001 ****
Novos plantios	1	28,632	230	226,23	< 0,001 ****
Uso de herbicida	1	7,455	229	218,78	0,0063 ***
Pleno sol	1	6,661	228	212,12	0,0098 ***
Adubação	1	2,966	227	209,15	0,0850 *
Crédito rural	1	6,878	226	202,27	0,0087 ***
Orientação técnica	1	0,708	225	201,56	0,4000

Significância: * = $p < 0,1$; ** = $p < 0,05$; *** = $p < 0,01$; **** = $p < 0,001$.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A irrigação foi a variável de maior impacto, sugerindo que o acesso a essa tecnologia aumenta significativamente a probabilidade de os agricultores optarem por clones. Em regiões amazônicas, onde as condições hídricas frequentemente representam desafios, a irrigação se torna um fator crucial para o sucesso do cultivo (Dessauw *et al.*, 2024). Além disso, os agricultores tendem a investir em novas variedades quando percebem maior controle sobre o ambiente de produção (Adet *et al.*, 2024).

A análise também evidenciou que o acesso a crédito influencia positivamente a adoção de clones, ressaltando o papel do financiamento para a implementação de tecnologias agrícolas. No entanto, muitos agricultores não conseguem utilizar diretamente os recursos do crédito rural para aquisição de mudas clonais, seja por limitações nos programas de crédito ou pela falta de viveiros acessíveis e formalizados. No caso específico dos programas e linhas de crédito, há assimetrias informacionais, pois os agentes financeiros, em geral, não possuem conhecimento aprofundado sobre os benefícios e os riscos associados à adoção dessa inovação tecnológica. Esse contexto exige maior esforço na difusão dos resultados de pesquisa já disponíveis, com o objetivo de otimizar a alocação dos recursos de crédito. Isso é fundamental, pois o crédito rural continua sendo um elemento importante para viabilizar investimentos em inovação no meio agrícola, especialmente para pequenos produtores (Almeida *et al.*, 2024; Braga *et al.*, 2023).

Como alternativa à falta de viveiros formalizados, tem se intensificado a prática de produção própria de mudas enxertadas, utilizando material de propagação obtido com terceiros. Essa dinâmica evidencia tanto a busca por variedades mais produtivas quanto a capacidade adaptativa dos produtores frente às barreiras formais de acesso à tecnologia.

A adoção de clones com maior potencial produtivo em novos plantios tende a ocorrer menos por uma predisposição à inovação e mais pela influência de experiências bem-sucedidas observadas em propriedades vizinhas e/ou de agricultores de referência local ou regional. Esse comportamento reforça a importância da observação social e dos resultados práticos na disseminação de tecnologias agrícolas, conforme discutido na teoria da difusão de inovações de Rogers (2003).

Os cultivos a pleno sol, característicos dos sistemas de monocultivo, mostraram-se associados à presença de clones de cacau, sobretudo por seu potencial produtivo. Contudo, essa estratégia produtiva levanta questionamentos relevantes quanto à sustentabilidade a longo prazo. Em comparação com os SAFs, os monocultivos tendem a gerar maiores impactos ambientais, como a degradação do solo, maior vulnerabilidade a pragas e doenças, além da redução significativa da biodiversidade (Ribeiro *et al.*, 2024). Já os SAFs, ao integrarem espécies florestais e agrícolas, contribuem para a manutenção de serviços ecossistêmicos, favorecem a conservação da biodiversidade e **práticas agrícolas mais sustentáveis** (Vásquez *et al.*, 2022). Assim, embora o uso de clones em monocultivos possa representar ganhos imediatos em produtividade, é fundamental ponderar os riscos ambientais e socioeconômicos desse modelo frente às vantagens ecológicas oferecidas pelos SAFs (Veloso *et al.*, 2025).

Não há impedimentos ao uso de clones ou mudas enxertadas para promover a formação de novas lavouras em SAFs ou cultivo de cacauzeiros em consórcio. Entretanto, semelhante ao abordado por Calvi *et al.* (2025), 81% das novas lavouras cacauzeiras na região da Transamazônica, formadas até 2023, foram implantadas em áreas de pastagens ou outras áreas alteradas ou degradadas. Considerando que mais de 70% dos SAFs consolidados na região têm seus componentes florestais provenientes da regeneração natural ou seleção de árvores no preparo da área (Calvi, 2009), as áreas degradadas ou de pastagens apresentam escassez do banco de sementes no solo. Logo,

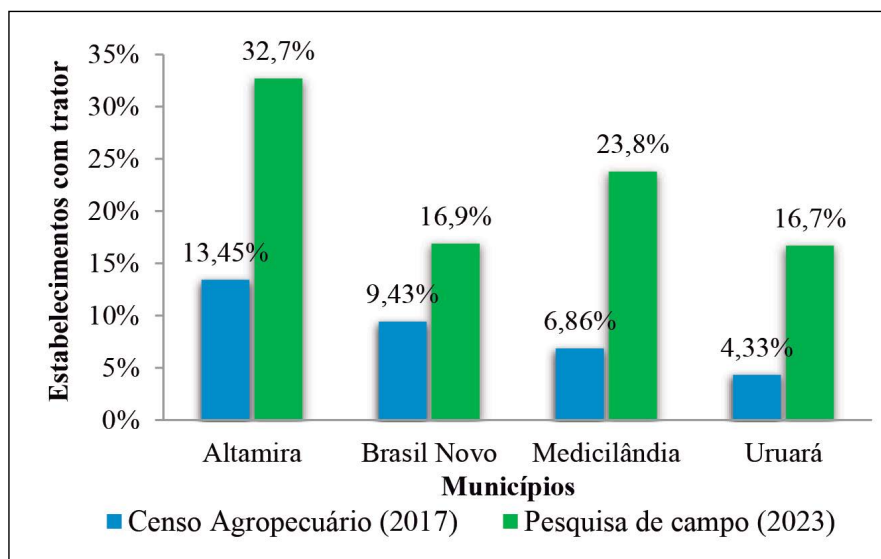
a formação de novos SAFs demandaria investimentos iniciais mais elevados para aquisição ou produção e plantio de mudas florestais. A limitada oferta de sementes florestais nativas na região também contribui para elevação dos custos de formação das mudas de essências florestais (Calvi *et al.*, 2025). Essas são algumas das razões pelas quais as novas lavouras clonais têm sido implantadas predominantemente em sistema de monocultivo a pleno sol.

Com relação à prática de adubação, o modelo logístico estimou um efeito positivo dessa prática, ou seja, os cacauicultores que realizam adubação estão mais propensos à adoção de clones nos sistemas de produção. Contudo, o elevado custo dos fertilizantes, agravado pela logística de transporte até a região, parece limitar a ampliação da adoção dessa prática.

Embora 38% dos entrevistados tenham mencionado receber assistência técnica, essa variável não apresentou significância estatística no modelo. Isso pode indicar que a orientação técnica disponível pode estar desconectada das reais necessidades dos produtores, sendo muitas vezes esporádica, pontual ou desvinculada de políticas que integrem acesso a créditos, insumos e inovação. Essa constatação é coerente com os resultados apresentados por Paula Filho, Calvi e Castro (2016), que analisaram o crédito e a assistência na região da Transamazônica. Apesar da existência de políticas voltadas ao crédito e à assistência técnica, a implementação dessas políticas é frequentemente desarticulada e burocrática, o que limita o alcance e eficácia junto aos agricultores familiares.

Os dados da pesquisa revelaram padrões de uso de tecnologia agrícola, especificamente na presença de tratores na produção. Os dados do último Censo Agropecuário de 2017 apontaram que o percentual de estabelecimentos agropecuários dos municípios da região que possuíam tratores era baixo (IBGE, 2017). Entretanto, os dados da pesquisa realizada em 2023 junto aos cacauicultores indicam uma realidade diferente, sugerindo uma mudança recente na adoção dessas máquinas ou uma maior participação dos produtores de cacau em relação a outros setores produtivos agropecuários. Esse cenário evidencia um nível mais elevado de capitalização entre os cacauicultores, quando comparados àqueles que priorizam outros cultivos (Figura 4).

Figura 4 – Comparação dos dados do Censo Agropecuário (2017) e da pesquisa de campo (2023) em relação ao percentual de estabelecimentos agropecuários com tratores em municípios da região da Transamazônica



Fonte: IBGE (2017) e Pesquisa de campo, 2023.

Embora 62,66% das famílias cacauicultoras tenham afirmado que utilizam tratores em suas atividades, constatou-se que apenas 22,25% destas possuem tratores, o que indica que muitas famílias compartilham ou alugam essas máquinas. Esse padrão pode ser uma estratégia para superar os altos custos de aquisição, depreciação e o acesso limitado ao crédito.

Entre as adaptações necessárias para o uso de maquinário, a mudança no espaçamento entre plantas é uma das práticas mais mencionadas. O espaçamento tradicional de 3 x 3 metros, comum no cultivo de cacaueteiro, dificulta o uso de tratores. Em resposta a essa limitação, 22,3% dos produtores adotaram espaçamentos maiores, como 3,5 x 3,5 metros e 4 x 4 metros, com o objetivo de viabilizar o uso de máquinas nas atividades de manejo e colheita. Essa adaptação estrutural demonstra que a inovação não se restringe à genética, mas também envolve redesenho dos sistemas produtivos para incorporar mecanização e otimizar o manejo. Um teste Qui-Quadrado confirmou a existência de associação entre a decisão de realizar novos plantios e a adoção de espaçamentos distintos do tradicional ($\chi^2 = 9,5793$; $df = 1$; $p = 0,001968$), sugerindo que produtores com plantios recentes tendem a estruturar suas lavouras com maior flexibilidade para permitir a mecanização.

Esse movimento indica uma estratégia adaptativa importante frente à crescente dificuldade de acesso à mão de obra no campo. A mecanização surge, portanto, não apenas como uma oportunidade de modernização da produção, mas como uma necessidade diante do contexto atual de escassez de trabalhadores e dos altos custos envolvidos em manter funcionários permanentes (Calvi *et al.*, 2020). Ao facilitar a entrada de tratores e implementos, os novos espaçamentos se apresentam como um bom passo para tornar as lavouras mais eficientes e menos dependentes do trabalho manual.

Apesar disso, o manejo do cacau na região ainda é majoritariamente manual (Calvi *et al.*, 2025), com baixo nível de mecanização, especialmente nos municípios de Brasil Novo e Uruará. Como o cultivo do cacau é intensivo em mão de obra, atividades como poda, controle de pragas e doenças e a remoção de ervas daninhas exigem trabalho constante, sendo muitas vezes executadas por “meeiros” – trabalhadores que dividem a colheita e venda das amêndoas com os proprietários em troca dos serviços prestados. Essa prática persiste como alternativa diante da escassez de mão de obra permanente e dos altos custos da mecanização.

4 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicam que a adoção de tecnologias e práticas inovadoras na cacauicultura na região da Transamazônica é resultado de um conjunto de fatores técnicos, econômicos e estruturais interligados. As práticas associadas à irrigação, ao acesso ao crédito rural, à adubação e à disposição para a implementação de novos plantios e sistemas de cultivo mostraram-se relacionadas à adoção de clones, indicando que o avanço tecnológico depende de condições de infraestrutura e financiamento adequadas.

A assistência técnica, embora presente, mostrou-se limitada em impacto, destacando a necessidade de programas mais efetivos e acessíveis de apoio técnico. A mecanização, embora em crescimento, ainda é um recurso distante para muitos produtores, que recorrem ao compartilhamento de equipamentos para contornar os altos custos de aquisição e o número reduzido de máquinas no campo. Os dados também sugerem que as práticas tradicionais, como o espaçamento entre plantas, estão sendo ajustadas para integrar novas tecnologias, favorecer a mecanização e aumentar a produtividade do trabalho.

Esse panorama aponta que a inovação na cacauicultura amazônica não se limita à substituição de materiais genéticos, mas envolve mudanças estruturais e comportamentais no modo de produção. Mesmo diante de limitações, os agricultores buscam soluções criativas e práticas, revelando potencial para avanços mais expressivos caso haja acesso a crédito e suporte técnico contínuo e integrado. Com suporte adequado, os agricultores podem acelerar a modernização da cacauicultura regional, promovendo maior sustentabilidade econômica, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

- ADET, L.; ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A.; VAAST, P.; ANTEN, N. P. R. Cocoa tree performance and yield are affected by seasonal rainfall reduction. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 302, p. 108995, 2024.
- AGROLINK. Cotações de commodities agrícolas, com preços atualizados diariamente em todos os estados brasileiros. Preço de soja, trigo, milho, arroz, hortifrutí. **Agrolink**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/pa/cacau-1kg>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- ALMEIDA, J. S.; MESQUITA, A. L. A.; SILVEIRA, A. L. B.; MESQUITA, A. L. A. Technical And Economic Feasibility Study For Improving Cocoa Production – Case Study In Novo Repartimento – PA, Brazil. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 44, p. e20230117, 2024.
- BAFFOUR-ATA, F.; BOAKYE, L.; GADO, M. T.; BOAKYE-YIADOM, E.; MENSAH, S. C.; KWAKU KUMFO, S. M.; OSEI OWUSU, K. P.; CARR, E.; DZIKUNU, E.; DAVIES, P. Climatic and non-climatic factors driving the livelihood vulnerability of smallholder farmers in Ahafo Ano North District, Ghana. **Regional Sustainability**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 100157, 2024.
- BRAGA, D. P. P.; DOMENE, F.; GANDARA, F. B. Shade trees composition and diversity in cacao agroforestry systems of southern Pará, Brazilian Amazon. **Agroforestry Systems**, [s. l.], v. 93, n. 4, p. 1409–1421, 2019.
- BRAGA, D. P. P.; POKORNY, B.; PORRO, R.; VIDAL, E. 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**, [s. l.], v. 31, p. 100520, 2023.
- BRONDÍZIO, E. S. Intraregional Analysis of Land-Use Change in the Amazon. *In*: MORAN, E. F.; OSTROM, E. (ed.). **Seeing the Forest and the Trees: Human-Environment Interactions in Forest Ecosystems**. Massachusetts: MIT Press, 2005. p. 223–252.

BRONDÍZIO, E. S.; MCCRACKEN, S. D.; MORAN, E. F.; NELSON, D. R.; SIQUEIRA, A. D.; RODRIGUEZ PEDRAZA, C. H. The Colonist Footprint: Toward a Conceptual Framework of Land Use and Deforestation Trajectories among Small Farmers in the Amazonian Frontier. *In*: WOOD, C. H.; PORRO, R. (ed.). **Deforestation and Land Use in the Amazon**. Gainesville: University Press of Florida, 2002. p. 133–161.

CALVI, M. F. **Fatores de adoção de sistemas agroflorestais por agricultores familiares do município de Medicilândia, Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/13049>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CALVI, M. F.; ALVES-JÚNIOR, M.; SILVA, S. A. S.; COSTA, J. F.; SILVA, R. M.; FARIAS, V. D. S.; LEITE, D. E. V.; SILVA, C. S.; PIACENTINI, L. C.; JESUS, D. C. A. **Cacau: boas práticas polo Transamazônica**. Altamira: Universidade Federal do Pará, 2025. Disponível em: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.14902986>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CALVI, M. F.; MORAN, E. F.; SILVA, R. F. B. D.; BATISTELLA, M. The construction of the Belo Monte dam in the Brazilian Amazon and its consequences on regional rural labor. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 90, p. 104327, 2020.

CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 34–46, 2019.

CAVIGLIA-HARRIS, J. L. Agricultural innovation and climate change policy in the Brazilian Amazon: Intensification practices and the derived demand for pasture. **Journal of Environmental Economics and Management**, [s. l.], v. 90, p. 232–248, 2018.

CHARRY, A.; PEREA, C.; RAMÍREZ, K.; ZAMBRANO, G.; YOVERA, F.; SANTOS, A.; JIMÉNEZ, T.; ROMERO, M.; LUNDY, M.; QUINTERO, M.; PULLEMAN, M. The bittersweet economics of different cacao production systems in Colombia, Ecuador and Peru. **Agricultural Systems**, [s. l.], v. 224, p. 104235, 1 mar. 2025.

DESSAUW, D.; PHILLIPS-MORA, W.; MATA-QUIRÓS, A.; BASTIDE, P.; JOHNSON, V.; CASTILLO-FERNÁNDEZ, J.; RIBEYRE, F.; CILAS, C. Temporal behaviour of cacao clone production over 18 years. **Agronomy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 34, 2024.

GUIMARÃES, M. E. D. S.; DIAS, L. A. D. S.; ALMEIDA, C. M. V. C. D.; SOUZA, C. A. S.; ALMEIDA, O. F.; BENJAMIN, C. S.; PEREIRA, G. R.; DIAS, F. J. D. S.; CORRÊA, T. R. Genetic evaluation and selection of cocoa tree clones. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 52, n. 12, p. e20210433, 2022.

HAIR JUNIOR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HERNANDES, G. M. C.; EFRAIM, P.; SILVA, A. R. D. A.; QUEIROZ, G. D. C. Carbon footprint of Brazilian cocoa produced in Pará state. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 25, p. e2020263, 2022.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 30 out. 2024.

IBGE. Tabela 1613: Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 16 out. 2025.

IGAWA, T. K.; ANJOS, L. J. S. D.; TOLEDO, P. M. D. Mudanças climáticas e a produção de cacau no bioma amazônico brasileiro. **Revista Agroecossistemas**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 120, 2021.

JAIMEZ, R. E.; BARRAGAN, L.; FERNÁNDEZ-NIÑO, M.; LARREAL B, O. J.; FLORES, B. Pod Production Dynamics and Pod Size Distribution of *Theobroma cacao* L. Clone CCN 51 in Full Sunlight. **International Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 2024, p. 1–9, 2024.

JAIMEZ, R. E.; BARRAGAN, L.; FERNÁNDEZ-NIÑO, M.; WESSJOHANN, L. A.; CEDEÑO-GARCIA, G.; SOTOMAYOR CANTOS, I.; ARTEAGA, F. *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. **PeerJ**, [s. l.], v. 10, p. e12676, 2022.

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E. S.; TUCKER, J. M.; SILVA-FORSBERG, M. C.; MCCRACKEN, S. D.; FALESI, I. Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazônia. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], n. 139, p. 93–108, 2000.

MORELLO, T. F.; PIKETTY, M.-G.; GARDNER, T.; PARRY, L.; BARLOW, J.; FERREIRA, J.; TANCREDI, N. S. Fertilizer Adoption by Smallholders in the Brazilian Amazon: Farm-level Evidence. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 144, p. 278–291, 2018.

MUNGUIA, O. M. O.; LLEWELLYN, R. The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption? **Applied Economics Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 80-91, 2020.

OLARTE-LIBREROS, M. M.; ROJAS-MORA, J. E.; GUERRERO-SIERRA, H. F.; NIÑO, C.; DE LA PEÑA, N. Effects of International Shocks on Cocoa Global Production. **Economies**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 48, 2025.

PAULA FILHO, G. X. D.; CALVI, M. F.; CASTRO, R. R. A. D. Socioeconomic Analysis of Rural Credit and Technical Assistance for Family Farmers in the Transamazonian Territory, in the Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 8, n. 10, p. 177, 2016.

PROCÓPIO, D. P.; BINOTTO, E.; PEREIRA, M. W. G.. Fatores associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário. **Revista Eletrônica de Administração**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 844-874, jan. 2024.

RIBEIRO, J. A. H.; ALMEIDA, L. H. D. D.; SOUZA, T. G. D.; MARAES, D. G. D.; SANTOS, F. L. D.; SOUZA, P. H. P. D.; LACERDA, F. D. C. B. Influence of different agroforestry production modules on fine roots biomass in the southeastern Amazon. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. e12813245165, 2024.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. 5. ed. Simon e Schuster, 2003.

SANTOS, I. C. D.; SILVA, G. S.; SILVA, J. P. L.; SOUZA, J. D. S.; SANTOS, M. S. D.; SOUZA JUNIOR, J. O. D.; ALMEIDA, A.-A. F. D.; CORRÊA, R. X.; BALIGAR, V. C.; ZHANG, D.; CALLE-BELLIDO, J.; JIA, H.; AHNERT, D. Screening of cacao clones for drought tolerance by assessing predawn leaf water potential, growth, and leaf gas exchange. **Plant Stress**, [s. l.], v. 10, p. 100245, 2023.

SANTOS, M. A. S.; HAMID, S. S.; CALVI, M. F. Crédito rural e o financiamento da cacauicultura no Estado do Pará. **Revista Agronomia Brasileira**, [s. l.], v. 7, n. 1, 2023.

SILVA FILHO, E. G. A Amazônia e o plano de integração nacional: os projetos de expansão e o avanço do capital nas sociedades. **Revista Tempo Amazônico**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 136–152, 2016.

STRELETSKAYA, N.A.; BELL, S.D.; KECINSKI, M.; LI, T.; BANERJEE, S.; PALM-FORSTER, L. H.; PANNELL, D. Agricultural Adoption and Behavioral Economics: Bridging the Gap. **Applied Economic Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 54-66, 2020.

VALLEJOS-TORRES, G.; GAONA-JIMENEZ, N.; ALVA AREVALO, A.; PAREDES, C.; LOZANO, A.; SAAVEDRA-RAMÍREZ, J.; ARÉVALO, L. A.; REÁTEGUI, K.; MENDOZA-CABALLERO, W.; MARÍN, C. Cadmium uptake and mycorrhization by cacao clones in agroforestry and monoculture systems of Peruvian Amazon. **Bioagro**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 237–246, 2023.

VÁSQUEZ, E. C.; HIPÓLITO-ROMERO, E.; RICAÑO-RODRÍGUEZ, J.; RAMOS-PRADO, J. M. Ecophysiological plasticity of *Theobroma cacao* L. clones in response to the structure and microclimate of agroforestry systems in Mexico. **Botanical Sciences**, [s. l.], v. 100, n. 4, p. 960-972, 2022.

VELOSO, T. C.; SANTANA, A. C. D.; CALVI, M. F.; AZEVEDO JUNIOR, W. C. D.; GOMES, S. C.; MENDES, F. A. T.; SANTANA, Á. L. D. Sociobioeconomic Effects of the Transition of Cocoa Grown in Agroforestry Systems to Full Sun in the Amazon. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. e010739, 2025.

VENTURIERI, A.; OLIVEIRA, R. R. S. D.; IGAWA, T. K.; FERNANDES, K. D. A.; ADAMI, M.; JÚNIOR, M.; ALMEIDA, C. A.; SILVA, L. G. T.; CABRAL, A. I. R.; PINTO, J. F. K. C.; MENEZES, A. J. A.; SAMPAIO, S. M. N. 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**, [s. l.], v. 14, n. 03, p. 294–313, 2022.

WEERSINK, A.; FULTON, M. Limits to profit maximization as a guide to behavior change. **Applied Economics Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1-13, 2020.

WICKHAM, H. **ggplot2**. 2. ed., [s. l.]: Springer Cham, 2016.