



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA



ANDRESSA RAQUEL DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM
CACAU PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

DIADEMA

2023

ANDRESSA RAQUEL DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM
CACAU PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Ambientais, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – *Campus* Diadema.

Orientadora: Profa. Dra. Rosangela Calado da Costa

DIADEMA

2023

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Andressa Raquel da

Utilização de sistemas agroflorestais com Cacau para a recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira / Andressa Raquel da Silva. -- Diadema, 2023. 24 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2023.

Orientadora: Rosangela Calado da Costa

1. Sistemas Agroflorestais. 2. Cacau. 3. Amazônia. 4. Recuperação de áreas degradadas. 5. Viabilidade Econômica. I. Título.

Andressa Raquel da Silva

Utilização de sistemas agroflorestais com cacau para a recuperação de
áreas degradadas na Amazônia brasileira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – *campus* Diadema.

Orientadora: Profa. Dra. Rosangela Calado da Costa

Data da defesa: 09 / 01 / 2023

Membros componentes da banca examinadora

Profa. Dra. Rosangela Calado da Costa (Orientadora)

(Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas - ICAQF - da Universidade Federal de São Paulo - Unifesp, *campus* Diadema)

Profa. Dra. Camila de Toledo Castanho

(ICAQF - Unifesp, *campus* Diadema)

Profa. Dra. Simone Georges El Khouri Miraglia

(ICAQF - Unifesp, *campus* Diadema)

“Basta que os pesquisadores olhem pela janela e se deparem com a carência das comunidades que nos cercam para se certificarem do quanto nosso trabalho é importante”.

Hermann Gonçalves Schatzmayr

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais que sempre me incentivam a estudar e me mostraram o quão importante isso seria a longo prazo, bem como meu marido, que me recorda todos os dias que, apesar do caminho ser longo, é o caminho correto a ser trilhado.

Agradeço em especial a todos os meus professores que me mostraram diversas possibilidades de carreira e me instigam todos os dias a ser uma pesquisadora no Brasil, independente do momento político em que vivemos.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os amigos que encontrei durante essa jornada, que compartilharam comigo todos os anseios do início de nossas vidas e que tive o prazer de ver tornarem-se pessoas incríveis que lutarão pela preservação do nosso planeta, cada um à sua maneira.

Resumo

O aumento da população mundial incentivou a adoção de técnicas agrícolas com impactos ambientais e sociais negativos, acarretando a formação de áreas degradadas nos mais diversos biomas, incluindo o Amazônico. A fim de contribuir para o estímulo à recuperação de dessas áreas, este trabalho propõe os sistemas agroflorestais consorciados à cacauicultura (SAFs-cacau) como uma alternativa para a sua recuperação, bem como para a geração de renda diversificada aos produtores da Floresta Amazônica e para a conservação ambiental da região. Para isso, utilizou-se como metodologia a revisão bibliográfica sistemática e qualitativa, investigando a formação de biomassa e recuperação do solo, com os indicadores concentração de matéria orgânica e nutrientes nos horizontes iniciais do solo, e abundância e riqueza de microfauna; estocagem de carbono, com o indicador acúmulo de carbono; e viabilidade econômica, com os indicadores: relação custo benefício, valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback* econômico. Os resultados indicam que os SAFs-cacau contribuem diretamente para a melhoria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, com potencial para atuar em sua recuperação; assim como para estocar mais carbono do que cultivos convencionais; além de serem viáveis economicamente para os produtores locais por décadas de extrativismo, considerando múltiplos cenários produtivos e diferentes taxas de financiamento. As maiores limitações encontradas para sua implementação incluem falta de cooperação entre produtores e órgãos governamentais; capacitação dos agricultores insuficiente; dificuldade de acesso aos programas de financiamento rural e carência de mão de obra.

Palavras-chave: SAF-cacau, Amazônia, Recuperação de áreas degradadas, Viabilidade Econômica.

Abstract

The world's population growth stimulated the adoption of agricultural techniques with negative environmental and social impacts, leading to the formation of degraded areas in the most diverse biomes, including the Amazon. In order to contribute to the stimulus for the recovery of these areas, the generation of diversified income to farmers in the Amazon rainforest region and the region's conservation agriculture, this article proposes the utilization of agroforestry systems associated with cacao cultivation (Cacao-AFS). For this purpose, a systematic and qualitative review has been conducted, evaluating the formation of biomass and soil recovery, with indicators of concentration of organic matter and nutrients in the initial horizons of the soil, and abundance and richness of microfauna; carbon storage, with the carbon accumulation indicator; and economic viability, with the indicators: cost-benefit ratio, net present value, internal rate of return and economic payback. The results indicate that cacao-AFS have a direct positive impact on the soil's physical, chemical and biological parameters, with the potential to contribute to their recovery; also accumulating more carbon than conventional crops; as well as being economically viable to local farmers for decades of extractivism, considering multiple rural credit scenarios and financing rates. The major barriers for cacao-AFS implementation is the lack of cooperation between producers and government institutions, the farmer's disparaging capacitation, the difficulty in accessing rural financing programs and the lack of workforce.

Keywords: Cacao-AFS, Amazon rainforest, Recovery of degraded areas, Economic Viability.

Lista de figuras

Figura 1 – Área da Amazônia Legal.....	4
---	---

Lista de tabelas

Tabela 1 - Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com cacauero	18
--	----

Lista de abreviaturas e siglas

APP – Área de Preservação Permanente

ARL – Área de Reserva Legal

CAPES – Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

CPR – Célula de produto

CPR Verde – Célula de Produto Verde

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

DOE – Diário Oficial do Estado

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEMARH – Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

FNO – Fundo Constitucional de Financiamento do Norte

GEE – Gases de Efeito Estufa

IDEFLOR-BIO – Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PBE – *Payback* econômico

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

RBC – Relação custo-benefício

SAF – Sistema agroflorestal

SEAGRI – Secretaria de Estado da Agricultura de Rondônia

SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental

SELIC - Sistema Especial de Liquidação e Custódia

SEMAS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Metodologia.....	3
2.1	Área de estudo.....	3
2.2	<i>Theobroma cacao</i>	5
2.3	Procedimentos metodológicos	7
3	Resultados e Discussão	8
3.1	Formação de biomassa e recuperação do solo	8
3.2	Estocagem de carbono	11
3.3	Viabilidade econômica	13
4	Conclusão.....	20
	Referências	21

1 Introdução

O crescente aumento populacional das últimas décadas resultou na busca por processos de otimização na geração de diversos produtos e serviços, com a finalidade de suprir as necessidades humanas, incluindo a produção de alimentos. Com isso, iniciou-se um período conhecido como Revolução Verde, na segunda metade do século passado, quando se priorizou a implantação de monoculturas e passou-se a utilizar insumos químicos como pesticidas, herbicidas, fertilizantes sintéticos e, posteriormente, a modificação genética de cultivares alimentares, amplamente difundida com o uso de transgênicos. Esse processo alterou profundamente o uso do solo, impactando negativamente em sua nutrição, proteção e preservação da biodiversidade, além do ciclo hidrológico e da influência no clima local, regional e até mesmo global, bem como o modo de vida das populações rurais (AGUIAR; VALERI; PAULA, 2005).

Com o objetivo de conter os impactos negativos da exploração e degradação desenfreada de recursos naturais, diversas comunidades vêm adotando práticas da agricultura agroecológica, que visam a criação de um sistema autorregulatório, que dispõe do aporte natural de matéria e energia como consequência de processos de sucessão e interações ecológicas, minimizando e, às vezes até extinguindo, a necessidade da utilização de insumos químicos (ALTIERI *et al.*, 2000; GREGIO, 2020).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) seguem os princípios da agroecologia e visam simular interações ecológicas que ocorrem naturalmente nas florestas, por meio do emprego de diferentes espécies vegetais para atingir finalidades específicas, como o aporte de nutrientes, a descompactação do solo, a formação de serapilheira, a manutenção de funções zoocóricas, entre outras. Pode-se simplificar sua definição como cultivos agrícolas que dispõem de variação temporal e espacial, com maior riqueza e abundância de espécies, podendo ou não incluir a criação de animais, tais como gado, suínos e galináceos (PENEIREIRO *et al.*, 2009).

Quando bem gerenciados, os SAFs proporcionam melhor aproveitamento do uso do solo, da disponibilidade de nutrientes e de luz solar, retornando ao ambiente benefícios bióticos e abióticos, incluindo proteção, abrigo e fonte alimentar para a fauna local, proteção de cursos d'água, fonte de umidade ao ar por evapotranspiração da vegetação, sumidouro de gases do efeito estufa (GEEs), proteção contra a erosão, aumento da fertilidade do solo e proteção dos cultivos agrícolas de pragas e doenças. Adicionalmente, proporciona à comunidade local segurança alimentar, geração de renda diversificada e inclusão feminina no campo (ALTIERI *et al.* 2000; BRAGA, 2015; GREGIO, 2020; LOUREIRO *et al.*, 2021).

Existem diversos tipos de SAFs, sendo um dos mais comuns para exploração comercial o Sistema Agroflorestal Simultâneo, que, segundo Peneireiro (2009), caracteriza-se pela combinação de espécies florestais anuais e perenes, proporcionando ampla diversificação do cultivo e da renda familiar. Este é o caso dos SAFs baseados na cacauicultura, que vêm ganhando popularidade na região norte do Brasil (CEPLAC, 2020).

As plantações brasileiras de cacau são majoritariamente de agricultores familiares, implantadas em SAFs de 3 a 10 hectares que incluem, principalmente, espécies frutíferas e madeiras. A sua composição varia conforme a cultura da população local, recomendações de órgãos técnicos e disponibilidade de escoamento e comercialização dos produtos, sendo verificadas mais de 120 espécies participantes nas suas composições (BRAGA, 2015; REIS, 2015). Complementarmente, trata-se de uma espécie nativa de sub-bosque que pode ser empregada na regularização de imóveis rurais devido à sua contabilização como Área de Reserva Legal (ARL), especialmente quando se considera que, na Amazônia Legal, no mínimo 80% das propriedades rurais devem ser reservadas legalmente. O cacau também possui aplicabilidade em Áreas de Preservação Permanente (APP), com possibilidade de extrativismo vegetal, desde que seu manejo seja realizado conforme especificado pela Lei n.º 12.651/2012, nas áreas elegíveis para Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)¹, segundo Attanasio (2015).

Apesar dos inúmeros benefícios da implantação dos SAFs de cacau, ainda há certa cautela e desconfiança entre os agricultores, em grande parte devido à falta de capacitação profissional para a implantação e manejo dos cultivos de cacau e as numerosas horas de esforço aplicado ao trabalho no campo, além das dificuldades de acesso aos PSAs e créditos rurais (COCOA ACTION, 2022; REIS; 2015).

A fim de contribuir para superar dificuldades encontradas para a sua adoção, este trabalho objetivou a análise da viabilidade de utilização dos sistemas agroflorestais baseados em cacau para a recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira.

¹ Segundo a Lei nº 14.119/21 pagamentos por serviços ambientais correspondem a um mecanismo financeiro público ou privado, para remunerar pessoas que preservam recursos naturais e espécies que proporcionam benefícios aos seres humanos. Esses serviços são divididos em serviços de provisão, que fornecem bens e produtos, tais como água, madeira, fibras, minérios, etc.; recursos de suporte, que garantem a manutenção das atividades humanas como a ciclagem de nutrientes, polinização, proteção contra pragas e doenças; serviços de regulação, que participam do equilíbrio ecossistêmicos, envolvendo o sequestro de carbono, ciclagem hidrológica e purificação do ar; e serviços culturais, compostos por experiências de interação entre o homem e a natureza, como o turismo e a prática de rituais religiosos (BRASIL, 2021).

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

A região Amazônica é constituída principalmente por vegetação florestal, contendo áreas classificadas como florestas de terra firme, florestas de várzea, florestas de igapós, manguezais, campos de várzea, campos de terra firme, campinas, vegetação serrana, vegetação de restinga, além das áreas de transição entre estas, conhecidas como ecótonos (BRAGA, 1979). Devido à variedade de suas fitofisionomias, a região apresenta grande riqueza e abundância de espécies, sendo considerado um dos habitats mais biodiversos do planeta. Além disso, a região presta diversos serviços ecossistêmicos, atuando diretamente no regime hidrológico de todo o país e na captação de gases causadores do efeito estufa (ALMEIDA *et al.*, 2010).

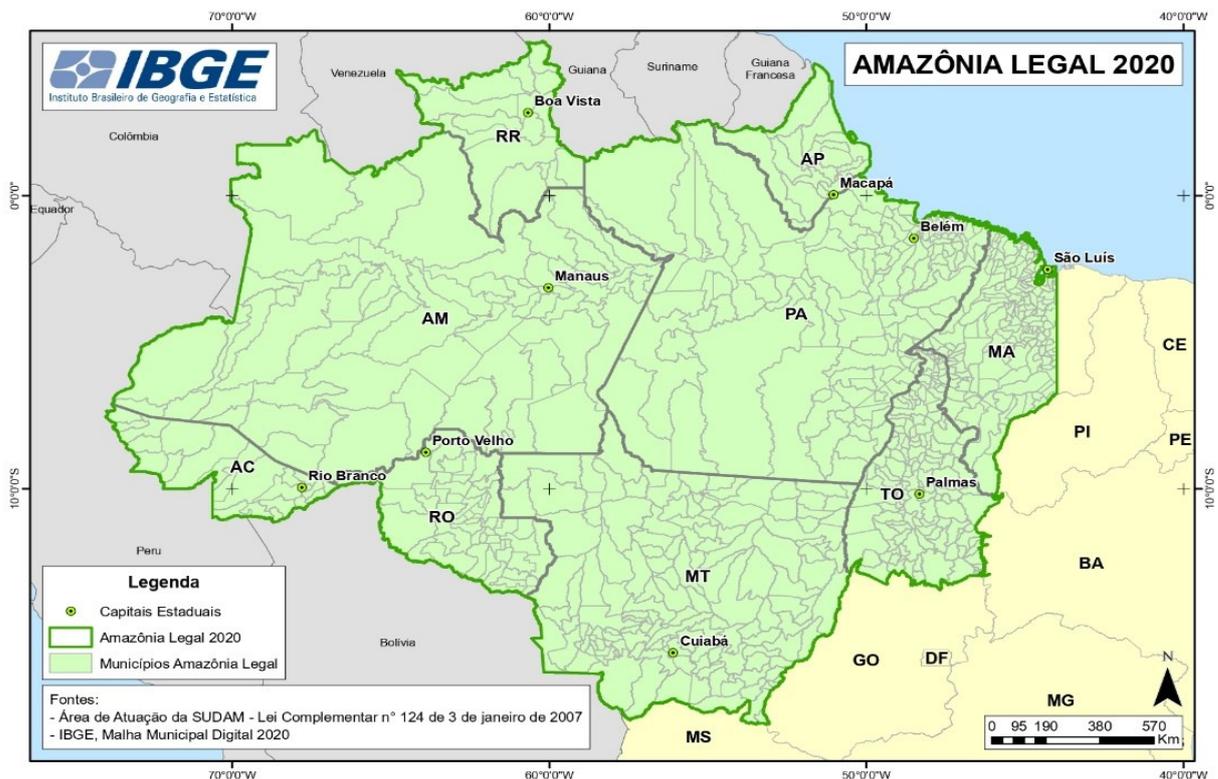
No Brasil, especialmente na região amazônica, é bastante comum a utilização da agricultura itinerante, conhecida popularmente como “agricultura de corte e queima”, ou ainda “derruba e queima”, prática responsável pela maior parte do desmatamento de florestas primárias (PENEIREIRO, 2009). Tais lavouras são cultivadas por entre dois e três anos, em média, sendo sucedidas pela implementação de pastagens. Ambas resultam na degradação ambiental local, compactando e empobrecendo o solo, facilitando a ação de processos erosivos e a lixiviação de nutrientes, além de extinguir a vegetação nativa, resultando em áreas abandonadas, muitas vezes sem possibilidade de autorregeneração (REIS, 2015).

De acordo com a importância do bioma, a Lei n.º 12.651/2012 estabeleceu que as Áreas de Reserva Legal (ARL) na Amazônia Legal (Figura 1) – que abrange os estados Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Mato Grosso, Pará, Amapá, Tocantins e parte do Maranhão – devem corresponder a, no mínimo, 80% da área do imóvel rural, sendo contabilizáveis também as Áreas de Preservação Permanente presentes no terreno. Com exceção de imóveis com ARL regularizadas anteriormente ao ano de 1996, estados e/ou municípios podem alterar o percentual mínimo de cobertura de ARL de uma propriedade rural para 50%, desde que ao menos 65% do solo utilizado em seu território seja composto por unidades de conservação de domínio público e/ou áreas indígenas homologadas, como o estado de Roraima (ATTANASIO, 2015).

É recorrente o discurso de que a área destinada à Reserva Legal prejudica os agricultores, restringindo o desenvolvimento de atividades econômicas em suas propriedades, o que causa a diminuição da renda familiar e impacta sua subsistência (CEPLAC, 2020). Com base nessa alegação e na alta concentração de áreas abandonadas por degradação ambiental, os órgãos governamentais da Amazônia Legal têm incentivado seus produtores a utilizar SAFs em

seus cultivos, a fim de preservar o bioma e melhorar a qualidade de vida dos agricultores locais. Para esse propósito, a regularização dessa técnica de cultivo está sendo acelerada, aumentando sua atratividade para produtores. Esse é o caso do estado do Amazonas, que, por meio do Decreto n.º 42.370/2020, regularizou as condições para a implantação, manejo e exploração de SAFs em ARL, desde que não incluam a extração de produtos madeireiros (DOE AM, 2020).

Figura 1 – Área da Amazônia Legal.



Fonte: IBGE, 2020.

Roraima criou a Instrução Normativa n.º 2/2012, na qual, apesar de não citar o termo “SAF”, apresentou a possibilidade de exploração econômica de ARL, mediante o manejo sustentável com prévia autorização do órgão ambiental local, a Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - FEMARH (DOE RR, 2013).

No Pará, instituiu-se a Instrução Normativa n.º 7/2019, uma parceria entre a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas) e o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (Ideflor-Bio), bastante semelhante à Instrução Normativa de Roraima, com a complementação de trecho que discorre sobre a implementação de SAFs com cacauzeiros, incluindo-os na contabilização da ARL (DOE PA, 2019).

O estado de Rondônia possui a Instrução Normativa n.º 1/2020, considerada a mais completa do país, elaborada por meio da parceria entre a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam), a Secretaria de Estado da Agricultura (Seagri) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater). Essa Instrução Normativa orienta quanto à recomposição de Reserva Legal em áreas degradadas, por meio da implementação de sistemas agroflorestais baseados em cacau, estabelecendo diretrizes para a composição das espécies, indicando a preferência por espécies nativas do Bioma Amazônico que estão sob ameaça de extinção, além de técnicas de intervenção no manejo dos cultivos, incluindo procedimentos para o impedimento de proliferação de pragas (DOE RO, 2020).

Assim, considerando que sistemas agroflorestais com o cultivo de espécies nativas permitem a regeneração da área degradada, a regularização dos imóveis rurais, a geração de renda familiar pela realização do extrativismo vegetal e a proteção dos ecossistemas e dos serviços ecossistêmicos (LIMA; MENDES, 2006; PARAENSE; MENDES; FREITAS, 2013; REIS, 2015), será abordado o cacau, uma das espécies nativas que tem tido sua adoção estimulada para compor SAFs.

2.2 *Theobroma cacao*

O cacau (*Theobroma cacao*) é uma espécie vegetativa arbustiva domesticada de pequeno porte, comumente atingindo entre 4 a 6 m de altura, 20 a 30 cm de diâmetro, e 5 a 8 m de copa. Entretanto, plantas selvagens podem chegar a cerca de 20 m de altura para competir por luz em meio à vegetação florestal. O cacau é classificado como dicotiledônia e pertence à família das Malváceas e, apesar de sua origem exata ser incerta, podendo compreender a região do México ao Brasil, sabe-se que a espécie ocorre naturalmente no bioma amazônico, principalmente nas fitofisionomias de Mata Alta e Floresta de Terra Firme (LORENZI, 2014).

O sistema radicular é do tipo pivotante, com a raiz principal podendo chegar à profundidade de até 2 m, de acordo com a textura e porosidade do solo, enquanto as raízes secundárias crescem predominantemente até 30 cm verticalmente e se espalham por até 6 m, horizontalmente. O caule da espécie é reto com ritidoma lenticelado e, após a maturação da planta, apresenta diversas almofadas florais. Suas folhas, quando novas, possuem coloração do violeta ao verde claro e são bastante macias. Quando maduras, as folhas se tornam verde escuro, rígidas, oblongas, acuminadas e glabras, isto é, lisas, ovais e pontudas (ADAFAX, 2013; SENAR, 2018; CEPLAC, 2020).

A espécie é cauliflora, com flores hermafroditas germinando em axilas de antigas folhas. Sua coloração é branca e dispõe de cinco sépalas, cinco pétalas, cinco estaminóides, cinco estames e um pistilo, cujo ovário possui cinco lojas. Na Amazônia, a floração ocorre no início do período de estiagem e no início do período chuvoso, mas apenas 1% das flores são capazes de produzir frutos, fazendo com que muitos produtores não utilizem pesticidas ou herbicidas e realizem manualmente a fertilização das flores ou cultivem em suas plantações espécies que atraem polinizadores. Seus frutos possuem casca alongada com pericarpo carnoso e, em seu interior, há presença de polpa mucilaginosa de coloração branca e amêndoas ovoides e achatadas (SENAR, 2018; CEPLAC, 2020).

O consumo das amêndoas do cacau data do século V d.C., com a produção de bebidas utilizadas em rituais religiosos pela população maia e asteca. Esse hábito foi passado à nobreza dos colonizadores europeus, que optaram por consumir as amêndoas junto à gordura e ao açúcar, transformando-a no que se conhece hoje como chocolate (PORRO, 1997).

Atualmente, o Brasil ocupa a sétima posição de produção mundial de cacau, gerando cerca de 5% das amêndoas produzidas globalmente. Entretanto, o país já foi um dos maiores produtores e exportadores de amêndoas de cacau. Na década de 1990, o estado da Bahia perdeu aproximadamente 60% dos seus cultivos de cacau devido à proliferação de doenças fúngicas de espécies exóticas: a vassoura-de-bruxa e a podridão parda (*Crinipellis pernicioso* e *Phytophthora palmivora*, respectivamente). Desde então, a Bahia perdeu produtividade no cultivo do cacau (0,4 kg/ha), apesar de contribuir com 42% da produção nacional, em cerca de 403 mil hectares de cultivo, enquanto a região Norte e Sudeste (especificamente os estados do Pará, Rondônia e Espírito Santo) produzem 53%, em 158 mil hectares (até 1,2 kg/ha), ambos com cerca de 4 a 10 produtores para o manejo de cada hectare (BRAGA, 2015; BRAINER, 2021, COCOA ACTION BRASIL, 2021).

Diferentemente dos sistemas cabruças, comumente encontrados no estado da Bahia, o cacau amazônico requer manejo constante e dispõe de menor adensamento de plantas por hectare cultivado, resultando em menor cobertura de dossel, menor incidência de proliferação de doenças e pragas e otimização do acesso a luz solar e de nutrientes (SENAR, 2018).

O cacau é um dos produtos que mais causou degradação de florestas úmidas ao longo do globo. Estima-se que, apenas entre 1988 e 2008, a cultura foi responsável pelo desmatamento de cerca de 3 milhões de hectares florestais entre o continente africano, asiático e sul-americano (ASIGBAASE, 2021; GOCKOWSKI; SONWA, 2011; NORRIS *et al.*, 2010; TONDOH *et al.*, 2015; WADE *et al.*, 2010). Diversos autores alertam para o fato de que esta taxa pode estar

subestimada. Um cálculo menos otimista estimou a devastação em 14 a 15 milhões de hectares nos últimos 50 anos (CLOUGH *et al.*, 2009; VAAST; SOMARRIBA, 2014).

Como consequência da atual e crescente preocupação com a proteção ambiental e a fim de descontinuar o desmatamento das florestas tropicais, bem como proporcionar sua restauração, os países europeus, os maiores consumidores de cacau, passaram a exigir que cultivos em todo o globo se tornem mais sustentáveis e passem a seguir o modelo agroflorestal aplicado nos países da América Latina, como o Brasil, alertando sobre um possível boicote futuro aos demais produtores, caso não adiram à exigência. Essa exigência também inclui a recuperação de áreas degradadas e a utilização de espécies nativas na composição dos SAFs. Para atestar a procedência sustentável do produto, torná-lo rastreável e comprovar a adoção de boas práticas ambientais e sociais, diversos selos nacionais e internacionais estão em criação, sendo os mais comuns referentes à origem, à localidade e à forma de cultivo (COCOA ACTION, 2022).

2.3 Procedimentos metodológicos

Este estudo foi elaborado com a utilização do método de revisão literária do tipo sistemática e qualitativa, que consiste na definição de critérios para a busca, análise e síntese de conteúdo de acordo com a pesquisa a ser elaborada, devendo ser rigoroso, imparcial e reproduzível (GIL, 2017)

A principal base de dados utilizada foi o Portal de Periódicos da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes², seguido por *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*³, *Web of Science*⁴, *Science Direct*⁵ e Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)⁶. Durante as buscas, foram utilizadas as palavras-chave: SAF-cacau, impactos ambientais do cacau, cacau Amazônia, recuperação de áreas degradadas com SAFs e “*cocoa environmental impacts*” e “*cocoa impacts*”. Os principais filtros foram:

- I. Seleção de áreas de interesse nas páginas eletrônicas consultadas, incluindo ciências agrárias, ciências biológicas, ciências econômicas, ciências sociais e ciências ambientais;
- II. Idioma de publicação, restringindo-se ao português e inglês;

² Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?>

³ Disponível em: <https://www.scielo.br>.

⁴ Disponível em: <https://access.clarivate.com>.

⁵ Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>.

⁶ Disponível em: <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>.

- III. Menção no título das obras aos principais temas de interesse, abordando legislação ambiental, agroecologia, sistemas agroflorestais com cacau, Amazônia brasileira, viabilidade econômica, agricultura familiar e aspectos e impactos ambientais e sociais;
- IV. Análise do resumo das obras para verificar o grau de relevância do material para o presente estudo.

3 Resultados e Discussão

Durante a revisão bibliográfica foram selecionadas 125 obras, envolvendo artigos científicos, dissertações e teses de mestrados e doutorados, capítulos de livros e anais de congressos. No entanto, após aplicar os filtros de seleção foram consultadas 42 obras, destas 30 contribuíram efetivamente com esta pesquisa.

A literatura expõe muitos benefícios ambientais resultantes da utilização de sistemas agroflorestais, mas este trabalho focou sobretudo nos aspectos edáficos, de estocagem de carbono e de viabilidade econômica relacionados à utilização de SAFs baseados na cacauicultura.

3.1 Formação de biomassa e recuperação do solo

Segundo Reis (2015), a quantidade e a qualidade da biomassa acima do solo são influenciadas pelas espécies cultivadas e suas características que afetam a capacidade de degradabilidade pela microfauna do solo da serapilheira. Além disso, o autor ressalta a importância de fatores abióticos como fatores-chave para a formação da biomassa, incluindo precipitação, incidência de ventos e variações na temperatura, pois afetam o comportamento das plantas ao acelerar a geração e queda de folhas.

A presença de espécies arbóreas nos cultivos de cacauzeiros contribui para a formação de serapilheira e, conseqüentemente, de biomassa acima do solo, pois as árvores de sombreamento permanente representam 81% da fonte de biomassa, enquanto os cacauzeiros proporcionaram apenas 19%, sendo a fração não lenhosa responsável pelo maior volume de biomassa acima do solo, como conseqüência da facilidade e da rápida degradabilidade pela microfauna no solo (ASIGBAASE, 2021; REIS, 2015).

PII e colegas (2015) relatam a importância dos microrganismos e da microfauna para a manutenção da qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes por meio da ciclagem e

mineralização. Porém, as funções de tais criaturas vão muito além, pois a complexidade dos solos está diretamente relacionada à riqueza e à abundância de organismos nele presentes, afetando sua textura e o seu teor de argila, colaborando na fixação e no tempo de armazenamento dos nutrientes, o que impacta na fertilidade do solo (BRAGA, 2015).

Ao se analisarem os solos na Amazônia Central, foi observada diferença significativa apenas entre a floresta e a pastagem. Os resultados ilustram maior densidade média (ind./m²) de macrofauna na floresta com 2.915,3 exemplares; seguida de pastagem⁷, com 1.543,3 exemplares; 1.197,9 exemplares em sistemas agroflorestais de cacau com sombreamento secundário⁸; 1.037,3 exemplares, em SAF abandonado⁹; e 924,3 exemplares, em SAF com sombreamento inicial¹⁰. A média anual da riqueza de espécies não apresentou grandes variações, mas foi maior para a floresta¹¹ (22), seguida por SAF de sombreamento secundário (22), pasto (19), SAF de sombreamento inicial (18) e SAF abandonado (17), com maior variação entre as estações chuvosa e seca para o pasto. As ordens representantes dos solos analisados foram Isoptera (25%), Hymenoptera (22%), não identificados (22%), Oligochaeta (10%), Hemiptera (6%), Coleoptera (5%), Blattodea (5%) e Araneae (5%) (BARROS *et al.*, 2003; BRAGA, 2015; LOURENTE *et al.*, 2007).

Apesar da alta diversidade de organismos, os solos de florestas tropicais como da Amazônia tendem a ser ácidos e de baixa fertilidade, devido ao alto índice de precipitação que contribui para a lixiviação dos nutrientes e ao alto consumo dos nutrientes biodisponíveis pelas espécies vegetais. Isso ocorre, pois, uma floresta com alta densidade de espécies possuirá demanda por diversos nutrientes, tanto por macro quanto micronutrientes (BRAGA, 2015; DAVIDSON *et al.*, 2004; LEPSCH, 2011).

Lavelle (1997) destaca a complementaridade da ação das raízes, dos invertebrados e de microrganismos na recuperação de solos degradados, pela geração de matéria orgânica na camada superficial e subsuperficial do solo, além da criação de poros para oxigenação e armazenamento de água e dos processos químicos que afetam a disponibilidade dos nutrientes. Por isso, os produtores devem ficar atentos ao uso de insumos químicos em seus cultivos

⁷ Pastagem: Área composta por vegetação própria para o gado pastar, pasto de 10 a 20 anos (FERREIRA, 1999; BRAGA, 2015).

⁸ SAF sombreamento secundário: Sistema agroflorestal com copa de média densidade, formada por plantas de 6 a 13 anos (BRAGA, 2015).

⁹ SAF abandonado: Sistema agroflorestal com ausência de manejo agrícola (BRAGA, 2015).

¹⁰ SAF com sombreamento inicial: Sistema agroflorestal com copa de baixa densidade, formada por plantas de 3 a 5 anos (BRAGA, 2015).

¹¹ Floresta: Ecossistema terrestre formado por extratos superpostos de vegetação, diferenciando-se entre si em primária e secundária pela idade e qualidade da vegetação e seus processos de sucessão ecológica (FERREIRA, 1999, BRAGA, 2015).

agrícolas, a fim de evitar a seleção e a proliferação de espécies que podem atuar como pragas e desestabilizar o equilíbrio ecológico, contribuindo para a degradação do solo.

Braga (2015) analisou, estatisticamente, como o tipo de uso do solo afeta sua fertilidade (SAFs de cacau de sombreamento secundário e inicial, SAF de cacau abandonado, floresta e pastagem) na Amazônia brasileira, especificamente em São Félix do Xingu. O autor constatou que a concentração de matéria orgânica difere entre as camadas superficial e subsuperficial do solo (0 a 20 e 20 a 40 cm) nas classes de área abandonada, com 23,0 e 10,5 g/dm³; pastagem com 25,2 e 14,5 g/dm³; sistema agroflorestal secundário com 35,0 e 18,4 g/dm³; e SAF de sombreamento inicial com 32,6 e 16,8 g/dm³. Entretanto, no solo florestal, a concentração se manteve constante em ambos os horizontes, com 34,7 e 29,0 g/dm³, respectivamente.

O autor observou também que há baixa variação na concentração de nutrientes na camada superficial do solo, com diferença estatisticamente significativa apenas no potássio, nutriente limitante nos solos brasileiros, que foi maior nas pastagens e nos SAFs devido à ausência de seu consumo pela vegetação. Adicionalmente, a saturação por bases, a capacidade de troca catiônica (CTC), a proporção de argila e o pH não apresentaram variação entre os diferentes usos de solo analisados, ocorrendo o mesmo com alguns nutrientes como o boro, o cálcio e o cobre (BRAGA, 2015).

Em estudo anterior, Magalhães e colegas (2013) analisaram os solos do município de Colorado do Oeste (RO), constatando diferenças significativas na concentração de nutrientes na camada superficial (0 a 30 cm) das diferentes classes de uso do solo, com maior concentração média de cálcio na vegetação florestal nativa (8,9 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 2,1 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 2,1 cmolc dm⁻³ de Al³⁺; 11,2 mg dm⁻³ de K⁺; e 26,7 mg dm⁻³ de P⁺); abundância dos elementos magnésio, alumínio e fósforo em sistemas agroflorestais de cacau com mais de 8 anos (5,5 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 3,8 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 2,9 cmolc dm⁻³ de Al³⁺; 5,6 mg dm⁻³ de K⁺; e 39,7 mg dm⁻³ de P⁺); e excesso apenas de potássio em áreas de pastagem com mais de 5 anos (6,4 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 1,9 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 1,7 cmolc dm⁻³ de Al³⁺; 12,6 mg dm⁻³ de K⁺; e 17,8 mg dm⁻³ de P⁺).

Laurence e colegas (1999) e Asigbaase (2021) correlacionaram a disponibilidade de nutrientes na camada superficial do solo à concentração de biomassa acima do solo e esta, por sua vez, à maior presença de espécies decíduas e semidecíduas, que tendem a perder mais folhas. Esses dados sugerem que a utilização de sistemas agroflorestais com cacau possui um papel crucial na recuperação das características de um solo fértil para a recomposição de áreas degradadas por pastagens. Todavia, seu papel na nutrição desse tipo de solo ainda é bastante discutível, não sendo evidenciado aumento considerável nos níveis dos nutrientes analisados,

ocorrendo acréscimo apenas de magnésio, alumínio e fósforo. Tais resultados são justificados ao considerar que os solos da Amazônia brasileira são comumente pobres e que a vegetação do sistema agroflorestal, assim como das florestas, irá consumir rapidamente os nutrientes biodisponíveis limitantes (LEPSCH, 2021).

Quanto ao acúmulo de biomassa acima do solo e, conseqüentemente, de matéria orgânica na camada superficial do solo, foi possível constatar melhora quando a classe de uso do solo alternou de pastagem para sistemas agroflorestais. No entanto, é importante destacar que a maior parte dessa biomassa (81%) provém das árvores utilizadas no sombreamento do sistema, sendo crítica a escolha de um cultivo que disponha de grande diversidade vegetal, podendo ser otimizada ao escolher espécies decíduas e semidecíduas, durante o planejamento do SAF.

Complementarmente, conforme observado por Braga (2015), a ciclagem dos nutrientes e a conseqüente conversão da biomassa vegetal em nutrientes biodisponíveis para as plantas é realizada pela microfauna presente no solo, que, no sistema agroflorestal, apresentou diversidade bastante próxima à encontrada em solos da Floresta Amazônica, prevalecendo a presença de cupins, vespas, abelhas, formigas, minhocas, cigarras, percevejos, besouros, baratas, térmitas e aranhas. Sendo assim, é necessário que os produtores optem por técnicas que evitem a utilização de pesticidas e outros insumos químicos que possam prejudicar esses organismos desde o início da implantação do SAF e que avaliem a utilização de espécies que inibam a proliferação de pragas, aumentando a diversidade de organismos vegetais e animais e estimulando o equilíbrio ecossistêmico.

3.2 Estocagem de carbono

Diversos autores defendem que a maior quantidade de sequestro de carbono em cultivos agrícolas ocorre nos primeiros 30 cm do horizonte superficial do solo, sendo 58% maior nos primeiros 15 cm. Ambas as profundidades correspondem à profundidade na qual o *Theobroma cacao* possui a maior parcela de suas raízes (80 a 90%), indicando a possibilidade desta parte da planta auxiliar no sequestro de GEE. Ressalta-se que esses valores podem sofrer variação com o manejo empregado no cultivo agrícola, bem como com a adubação do solo, a formação de serrapilheira e a atividade da microfauna, mas é importante destacar que todas as partes da planta são capazes de estocar carbono (ASIGBAASE, 2021; CEPLAC, 2020).

Um estudo comparativo entre os cultivos de cacau a pleno sol e em sistemas agroflorestais orgânicos pode servir como base comparativa aos produtores da região

amazônica, apesar de estarem situados na cidade de Suhum, em Gana, uma vez que são poucos dados disponíveis a esse respeito. Os resultados indicam maior sequestro de carbono nos SAFs pela utilização de espécies de sombreamento permanente, que acumulam entre 75% e 90% do carbono estocado no cultivo. A variação ocorre conforme o arranjo do cultivo, a sua densidade e a sua idade, sendo impactada, portanto, pela condição socioeconômica do agricultor e o seu acesso à informação (ASIGBAASE, 2021; NORGROVE *et al.*, 2013; OKE; OLATIILU, 2011; RAJAB *et al.*, 2016; SCHROTH *et al.*, 2015).

Adicionalmente, seus resultados demonstraram uma captura 80% maior na biomassa acima e abaixo do solo nos SAFs, ao compará-los com cultivos de cacau a pleno sol, considerando diferentes partes das plantas (detritos, raízes secundárias das árvores de sombreamento e dos cacauzeiros, bem como toda a estrutura de ambas as árvores), demonstrando, conseqüentemente, a necessidade do consórcio de cacauzeiros com outras espécies para otimização da estocagem de carbono. Ao correlacionar a variação de carbono às idades das árvores presentes nos cultivos, foi constatado que o cacau aumenta sua capacidade de armazenamento de carbono com seu amadurecimento, ocorrendo majoritariamente em plantas acima de 30 anos. Já as espécies de sombreamento foram mais eficientes na faixa entre 16 e 30 anos, não havendo variações significativas para suas raízes e detritos (ASIGBAASE, 2021). Tendo isso em consideração, é necessário que o cultivo de cacau seja planejado de maneira a permitir a coexistência com equilíbrio para que, durante toda a vida útil do sistema, ocorra um acúmulo eficiente.

Os argumentos de Asigbaase são reforçados por Torres e colegas (2014), bem como Reis (2015), que também encontraram maior estocagem na Amazônia brasileira em sistemas agroflorestais de 14 anos, quando comparados aos de 34 anos. Isso se deve, segundo o autor, à idade das espécies de sombreamento, que armazenam as maiores concentrações de carbono. Essas espécies estocaram 128,41 e 126,59 t/ha, no solo e na biomassa, respectivamente, com acréscimo de 2,86 e 3,15 t/ha/ano, valor superior à média de SAFs brasileiros que, na mesma idade, chegam a 106,91 t/ha de carbono acumulado, e dos cultivos convencionais, que estocam cerca de 102 t/ha.

A utilização dos sistemas agroflorestais com cacau como sumidouro de gases causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, como ferramenta de auxílio para o cumprimento de metas internacionais na redução desses gases, é uma realidade que deve ser explorada, pois há maior acúmulo de carbono em cultivos agrícolas agroflorestais, quando comparados à agricultura convencional, além de apresentarem atratividade aos produtores devido à geração de renda adicional (COCOA ACTION BRASIL, 2021; RAINFOREST

ALLIANCE, 2021). O sequestro de carbono pode facilmente ser otimizado, caso haja suporte e assistência técnica de órgãos especializados durante o planejamento do SAF.

Por fim, é importante ressaltar que, apesar de os sistemas agroflorestais de cacau serem uma possibilidade para a captação dos GEEs, eles captam apenas metade do volume que uma floresta é capaz de captar e de forma alguma compensam a quantidade de GEEs liberada pelo desmatamento da vegetação nativa, além de não substituírem os processos ecológicos que ocorrem na floresta. Em outras palavras, os cultivos não são capazes de substituir a floresta e não devem ser utilizados para fundamentar qualquer argumento a favor do desmatamento para posterior implementação de SAFs, conforme evidenciado por Reis (2015), quando alerta para o fato de que um sistema agroflorestal fornece apenas 63% dos serviços ecossistêmicos de uma floresta. Quando se trata de cultivos tradicionais, a situação é agravada, pois essa forma de produção fornece apenas 73% dos serviços dos SAFs.

3.3 Viabilidade econômica

Apesar dos sistemas agroflorestais de cacau serem altamente recomendados pelo governo como uma alternativa para a geração de renda diversificada durante todo o ano, muitos produtores agrícolas têm tido dificuldades financeiras como consequência da flutuação de preços das amêndoas (2,00 a 3,00 US\$/kg), terminando por abandonar suas lavouras em busca de novas oportunidades na cidade ou transformando-as em áreas de pastagem e monoculturas (PARAENSE; MENDES; FREITAS. 2013; REIS, 2015). Nesses casos, é imprescindível o aconselhamento de serviços de assistência rural para que cada produtor possa avaliar sua situação e, se necessário, remodelar seu SAF conforme a facilidade de escoamento e o preço dos produtos ofertados.

Para aumentar a renda do produtor, é possível certificar internacionalmente seus produtos, pois o cacau certificado possui valor de comercialização até três vezes superior à versão não certificada (6,00 a 9,00 US\$/kg de amêndoas), dispondo também de bônus anuais pagos aos produtores pela proteção ambiental. No entanto, o cacau brasileiro corresponde a cerca de 3% do cacau comercializado com certificação pela América Latina, correspondendo a 1.183 toneladas de produto brasileiro comercializado no ano de 2021 (UTZ, 2022). Outra maneira de aumentar a receita do produtor é beneficiar as amêndoas, com posterior exportação de seus produtos, dado que o custo médio desse beneficiamento, em US\$ / kg, é menor do que a diferença no preço final, em US\$ / kg, do produto não beneficiado e do produto beneficiado. A alta demanda de produtos como a manteiga, a gordura e o óleo do cacau levam os preços a

US\$ 6,10/kg, enquanto o cacau e cacau em pó possuem valor médio de US\$ 3,70/kg e US\$ 2,70/kg, respectivamente (BRAINER, 2021).

Avaliar a viabilidade econômica dos Sistemas Agroflorestais de cacau é uma tarefa bastante complexa, dado que cada arranjo, manejo e localidade irá possuir diferentes valores para a manutenção do sistema e gerará, conseqüentemente, diferentes receitas aos produtores. Apesar das dificuldades, alguns autores realizam tais estimativas utilizando como principais indicadores a relação custo-benefício (RBC), o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o *Payback* econômico (PBE).

A RBC é definida por Paraense e colegas (2013) como o valor de retorno do capital para cada unidade monetária investida, incluindo descontos para a manutenção do negócio, tais como aluguel, financiamento, impostos, compra de insumos, dentre outros.

VPL corresponde à soma de todos os fluxos de caixa futuros de determinado período trazidos a valor presente, mediante desconto pelas respectivas taxas de juros, tipicamente determinadas pelo retorno exigido, projetado sobre o capital utilizado para o financiamento inicial (LOUREIRO *et al.*, 2021).

A taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa de juros que, quando utilizada para descontar os fluxos de caixa futuros de um projeto, gera um VPL nulo. Apesar de ser uma grande simplificação, uma vez que considera uma taxa de juros constante ao longo de todo o período avaliado no cálculo do VPL, é uma medida poderosa para a tomada de decisão. Caso a TIR de um projeto seja maior do que a sua taxa de atratividade mínima, ou seja, os custos de financiamento ou a taxa de retorno mínima exigida, o projeto pode ser considerado financeiramente viável. Também é útil para a escolha entre diferentes projetos mutuamente exclusivos, uma vez que o projeto com a maior diferença positiva entre a TIR e a taxa mínima de atratividade ou juros deverá ser escolhido (MENDES; LIMA, 2006).

No entanto, a medida é uma simplificação e não deve ser utilizada isoladamente para definir a realização ou não de um projeto com outras métricas, como o *payback* econômico (PBE), representando outros aspectos que precisam ser consideradas financeiramente. O PBE indica qual o horizonte temporal mínimo necessário para que um projeto comece a gerar retornos líquidos positivos para os agricultores e demais interessados. A medida é importante, principalmente aos pequenos agricultores familiares, para que possam se planejar e determinarem se o pagamento do financiamento do novo projeto irá afetar sua renda familiar e por quanto tempo, determinando assim a viabilidade do investimento (REIS, 2015).

Paraense e colegas (2013) compararam o cultivo de cacau em sistema agroflorestal com a presença e a ausência de árvores de mogno à taxa de juros de 6,75% ao ano (taxa de juros do

Fundo Constitucional de Financiamento do Norte para Pequenos Produtores - FNO). Seus resultados demonstraram que a utilização de espécies madeireiras diminuiu a quantidade de amêndoas de cacau produzidas, mas beneficiou o produtor pela diminuição de horas trabalhadas no campo e pelo aumento da receita no ano de corte do mogno (ano 34). Ambos os cultivos demonstraram viabilidade econômica, com taxa interna de retorno de 51% e retorno do capital (*payback* econômico) em 1 ano e 5 meses. Entretanto, o sistema que continha mogno apresentou maior relação de custo-benefício, R\$ 2,77 de retorno por real investido, e maior valor presente líquido, R\$ 69.050,65, ante os R\$ 2,38, para RCB, e R\$ 53.210,59, para VPL, obtidos no sistema de cacau (PARAENSE; MENDES; FREITAS, 2013). Seus resultados positivos vão ao encontro de relatos de diversos autores, condensados na publicação da organização não governamental Cocoa Action Brasil (2021), na qual consta que maior variabilidade de espécimes cultiváveis resulta em maior viabilidade econômica.

No município de Tomé-Açu (PA), Loureiro e colegas (2021) avaliaram a atratividade econômica de produtos oriundos de sistema agroflorestal composto por cacau, maracujá e pimenta do reino, comercializados de maneira autônoma e por cooperativas, considerando cultivos de até 25 anos e empregando as taxas de juros mais comuns aos financiamentos na região, variando entre 2% e 10% ao ano. Com a menor taxa de juros, a RCB do produtor autônomo foi de R\$ 8,96; o VPL, de R\$ 493.987,95; a TIR, em 123,99% a.a.; e o *payback* econômico de 1 ano e 3 meses. Já os valores registrados para a cooperativa foram R\$ 9,64; R\$ 535.907,98; 133% a.a. e 1 ano e 2 meses, respectivamente. A maior taxa de juros, correspondente a 10% a.a., proporcionou ao produtor uma relação de custo-benefício de R\$ 6,63 e um valor presente líquido de R\$ 349.416,71, sem alterações na taxa interna de retorno e no *payback* econômico. No caso da cooperativa, a taxa de juros mais alta acarretou R\$ 7,18 de RCB e R\$ 383.375,40 de VPL, também sem alteração na TIR e no *payback* econômico.

Seus resultados sugerem viabilidade econômica nas duas maneiras de escoamento dos produtos, com maior margem de lucro aos produtores que optam por cooperativas. Entretanto, o autor alerta sobre a grande flutuação dos preços nesse método de comercialização, sendo um dos grandes impeditivos aos produtores que dependem de uma garantia de renda mínima. Adicionalmente, é importante ressaltar que, em alguns anos, a receita gerada apenas pela comercialização das amêndoas de cacau não foi o suficiente para suprir os custos de sua produção, sendo de extrema importância a variabilidade de produtos no sistema agroflorestal (LOUREIRO *et al.*, 2021). Assim, é recomendável aumentar a quantidade de espécies cultivadas e comercializadas, para que o produtor não sofra com a flutuação de preços

específica de um produto, bem como que sejam desenvolvidas formas de comercialização direta do produtor para terceiros, com valores fixados previamente em contrato.

Lima e Mendes (2006) analisaram a viabilidade da criação de pequenas indústrias de beneficiamento por cooperativas, para que os produtores possam processar suas amêndoas e comercializar produtos com maior valor agregado, aumentando sua margem de lucro, sua competitividade e sua independência financeira. O estudo considerou diferentes modalidades de financiamento, sendo estas o FNO, o empréstimo de curto prazo médio oferecido localmente e a taxa Selic, relativa à taxa de juros do período, com, respectivamente, 8,5%, 10% e 15% ao ano. Os autores também incluíram inflação, considerando o aumento de 15% nos custos e redução de 10% nas receitas no período. A capacidade de processamento determinada foi de até 150 toneladas de amêndoas, ao ano, durante o período de cinco anos, com a produção de líquido e manteiga de cacau, bem como chocolate em barra e em pó.

Ao se analisar o VPL, os resultados sugerem viabilidade econômica para todos os cenários de juros, com a maior renda ao produtor que produz líquido e chocolate em barra e pó. Entretanto, a RBC e a TIR não refletem o mesmo cenário devido aos custos de maquinários e insumos para sua produção, possuindo maiores valores na comercialização das amêndoas não processadas. Quando se considera o aumento de 15% nos custos de produção, torna-se inviável a comercialização do líquido para todas as taxas de juros, bem como a produção dos demais produtos com juros de 17% a.a., com exceção das amêndoas. Além disso, ao considerar o decréscimo de 10% na receita do produtor, a comercialização do líquido é inviabilizada com juros a 17% a.a.. Por fim, ao combinar as diversas taxas de juros, o decréscimo de 10% na receita e o aumento de 15% nos custos de produção, todos os produtos e as amêndoas tornaram-se inviáveis economicamente, a juros de 17% a.a., sendo que a comercialização do líquido isoladamente e em conjunto ao chocolate em pó e em barra mostrou-se inviável para todas as taxas de juros analisadas (LIMA; MENDES, 2006).

Apesar de todos os autores apontarem para cenários viáveis economicamente, é necessário que órgãos governamentais capacitem os pequenos agricultores quanto à educação financeira, para que possam se planejar e alinhar expectativas, dado que os cultivos possuem safras anuais diferentes, resultando em receitas anuais diferentes, conforme os produtos gerados.

De maneira geral, os produtos que geraram maior lucro foram o *kit* de líquido, o chocolate em pó e o chocolate em barra (LIMA; MENDES, 2006). Porém, destaca-se que esses não são os produtos mais exportados pelo mercado brasileiro – que são manteiga, gordura e óleo de

cacau –, sendo importante os produtores analisarem seu público-alvo e, assim, diversificar os seus produtos (BRAINER, 2021).

Ademais, sugere-se que os produtores da região busquem diferenciação em seus produtos, por meio de selos de origem e de produção orgânica, além do emprego de frutas nativas na fabricação de chocolates com sabores rebuscados de maior valor agregado, diminuindo o risco do investimento e aumentando a sua renda (LIMA; MENDES, 2006; LOUREIRO *et al.*, 2021; PARAENSE; MENDES; FREITAS, 2013; REIS, 2015).

Fontes adicionais de renda podem ser exploradas, como a utilização dos SAFs com cacau para a recomposição e contabilização de Áreas de Reserva Legal e Preservação Permanente, ampliando a área cultivada na propriedade, desde que seja consorciado a outras espécies nativas, além dos esquemas de PSAs, com a geração de créditos de carbono¹² no mercado voluntário e a recuperação e a preservação de nascentes e mananciais, ou até mesmo pela Célula de Produto Verde (CPR Verde)¹³. Ressalta-se que, para o agricultor poder se inscrever nessas modalidades, é importante o assessoramento de equipe técnica para a elaboração do plano de manejo, inventário de emissões atmosféricas e demais comprovações de prestação dos serviços ambientais, além da regularização dos documentos dos imóveis, critérios que podem tornar inelegíveis a maioria dos produtores (ASIGBAASE, 2021; HOMMA, 2011).

Apesar dos dados relativamente animadores, dado que os estudos apresentaram retorno do capital investido e geração de lucros, com destaque para a taxa interna de retorno superior à atual taxa básica de juros Selic em 13,75% ao ano, economistas alertam que, para maior sucesso ao escolher o sistema agroflorestal, deve-se considerar a mão de obra empregada, capital inicial necessário, acesso a melhores taxas de juros nos financiamentos, experiência do produtor, acesso à assistência técnica, conhecimento necessário para o beneficiamento das amêndoas, logística de escoamento dos produtos e acesso a mercados consumidores (CEPLAC, 2020; COCOA ACTION BRASIL, 2021).

¹² Crédito de carbono: ativo financeiro que contribui para a redução de gases causadores do efeito estufa, onde 1 crédito corresponde a redução de emissão na atmosfera de 1 tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). No Brasil, o mercado de crédito de carbono é voluntário e não possui regulamentação específica, mas o ativo já apresenta demanda por instituições financeiras, como o Banco Nacional de Desenvolvimento (ALVES; OLIVEIRA; LOPES, 2013).

¹³ Célula de Produto Verde: Título de financiamento para a conservação de vegetação nativa. Isto é, financiamento concedido ao produtor rural pela prestação de serviços ambientais, em que ele se compromete a preservar e recuperar áreas com vegetação nativa, legalmente obrigatórias como Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal, ou opcionais como a implementação de corredor ecológico ou conversão de parte da propriedade em unidades de conservação (MAPA, 2021).

Tabela 1 – Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com cacauero. (continua)

Espécies/ Produtos	Tempo (anos)	Comercialização	Taxa de juros (% a.a.)	RBC (R\$)	RBC (um)	RBC (um) com - 10% na receita	RBC (um) com +15% de custo	RBC (um) com +15% de custo e -10% na receita	VPL (R\$)	VPL (R\$) com - 10% na receita	VPL (R\$) com +15% de custo	VPL (R\$) com +15% de custo e -10% na receita	TIR (%)	TIR (5) com - 10% na receita	TIR (%) com +15% de custo	TIR (%) com +15% de custo e -10% na receita	PBE (anos)	
Cacau	24	Autônoma	6,75	2,38	-	-	-	-	53.210,59	-	-	-	51,0	-	-	-	1,5	
Cacau e Mogno				2,77	-	-	-	-	69.050,65	-	-	-						
Cacau, maracujá e pimenta do reino	25	Autônoma	2,0	8,96	-	-	-	-	493.987,95	-	-	-	123,9	-	-	-	1,3	
		Cooperativa		9,64					535.907,98				133,0					1,2
		Autônoma	5,0	7,92					429.711,53				123,9					1,3
		Cooperativa		8,54					468.041,90				133,0					1,2
		Autônoma	5,5	7,77					420.372,67				123,9					1,3
		Cooperativa		8,38					458.194,04				133,0					1,2
		Autônoma	10,0	6,63					349.416,71				123,9					1,3
		Cooperativa		7,18					383.375,40				133,0					1,2
Amêndoas	5	Cooperativa	8,5	-	1,33	1,19	1,04	1,04	363.641,76	216.239,91	197.085,25	49.683,40	58,67	39,65	33,60	15,21	-	
			10,0		1,32	1,18	1,03	1,03	342.746,22	200.102,28	180.192,24	37.548,29						
			17,0		1,26	1,14	0,99	0,99	258.431,72	134.986,14	112.028,11	-11.417,46						
Líquor				8,5	-	1,13	1,01	0,88	0,88	435.613,05	50.967,92	-76.012,69	-460.657,81	41,07	12,72	2,76	-36,92	-
				10,0		1,12	1,01	0,88	0,88	404.235,25	32.005,88	-93.473,52	-465.702,90					
				17,0		1,09	0,98	0,86	0,86	277.284,36	-44.846,87	-164.319,83	-486.451,06					

Nota: RBC – Relação custo-benefício; VPL – Valor Presente Líquido; TIR – Taxa Interna de Retorno; PBE – Payback econômico. Fonte: Adaptado de Lima e Mendes (2006), Paraense, Mendes e Freitas (2013) e Loureiro *et al.* (2021).

Tabela 1 – Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com cacauero. (continuação e conclusão)

Espécies/ Produtos	Tempo (anos)	Comercialização	Taxa de juros (% a.a.)	RBC (R\$)	RBC (um)	RBC (um) com - 10% na receita	RBC (um) com +15% de custo	RBC (um) com +15% de custo e -10% na receita	VPL (R\$)	VPL (R\$) com - 10% na receita	VPL (R\$) com +15% de custo	VPL (R\$) com +15% de custo e -10% na receita	TIR (%)	TIR (5) com - 10% na receita	TIR (%) com +15% de custo	TIR (%) com +15% de custo e -10% na receita	PBE (anos)
Líquor, manteiga e pó de cacau			8,5	-	1,20	1,17	1,02	1,02	656.390,74	546.257,77	167.726,79	57.593,81	39,14	32,90	15,82	10,91	-
			10,0		1,19	1,16	0,01	1,01	606.902,36	498.271,20	129.766,55	21.135,39					
			17,0		1,14	1,11	0,96	0,96	407.214,37	305.082,51	-23.404,79	-125.536,65					
Líquor, chocolate e pó de cacau			8,5	-	1,18	1,06	0,92	0,92	2.409.886,71	828.995,24	400.032,51	-1.180.858,96	35,88	18,45	12,77	-5,14	-
			10,0		1,17	1,05	0,92	0,92	2.215.010,89	685.148,16	252.468,42	-1.277.394,31					
			17,0		1,12	1,01	0,88	0,88	1.428.337,96	104.378,61	-343.350,37	-1.667.309,73					

Nota: RBC – Relação custo-benefício; VPL – Valor Presente Líquido; TIR – Taxa Interna de Retorno; PBE – *Payback* econômico. Fonte: Adaptado de Lima e Mendes (2006), Paraense, Mendes e Freitas (2013) e Loureiro *et al.* (2021).

É importante ressaltar que os dados trazidos por este estudo refletem a realidade de cultivos situados nas maiores regiões produtoras de cacau e não podem ser extrapolados para a realidade de toda a população brasileira, sobretudo para grupos indígenas e comunidades tradicionais, que se situam distantes dos grandes centros exportadores e processadores de cacau, situados principalmente na Bahia e no Pará. Ademais, os estudos consideram o escoamento de 100% da produção pelo mesmo valor, ignorando possíveis perdas por fatores climáticos, proliferação de pragas ou dificuldades logísticas durante o escoamento dos produtos ou até mesmo a negociações de preços diferentes para parcelas da produção, em um mesmo período.

Ainda, não se considerou perdas e desperdícios na produção, que podem ser evitados e ainda gerar renda ao produtor ao utilizar todas as partes da planta (CEPLAC, 2020). As cascas do cacau, por possuírem alto valor nutricional, servem como fonte alimentar para animais, podendo ser utilizadas secas e trituradas na fabricação de rações. A polpa, que possui sabor adocicado e cítrico, pode ser conservada apenas com seu congelamento, sem qualquer aditivo, podendo ser comercializada com indústrias que produzem sucos, geleias e sorvetes, assim como em pequenas indústrias de beneficiamento de cooperativas, gerando maior valor agregado para os produtos comercializados (FIESP, 2021).

4 Conclusão

Para os parâmetros analisados, os sistemas agroflorestais baseados em cacau se mostraram uma alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas no bioma amazônico brasileiro. Ainda assim, diversos agricultores evitam a prática devido à necessidade intensa de mão de obra pela ausência de mecanização adequada e à flutuação de preços das amêndoas de cacau. Esses aspectos são contornáveis, se houver apoio e suporte técnico de órgãos governamentais durante o planejamento dos cultivos.

Sugere-se que haja cooperação entre governo e produtores para a expansão dos cultivos, trazendo para o foco a sustentabilidade e a utilização de práticas socialmente benéficas. Além disso, é necessário o suporte técnico na regularização dos imóveis rurais, a fim de proporcionar melhores financiamentos aos produtores para permitir o aprimoramento de suas técnicas de cultivo.

Destaca-se que nenhuma das pesquisas analisadas tratou da utilização de SAFs na contabilização de ARL e APP, sendo esse um ponto a ser disseminado pelo pessoal de suporte técnico, pois essa possibilidade pode ser atrativa aos produtores rurais, além da própria viabilidade dos cultivos.

Referências

- ALMEIDA, C.; VALERIANO, D.; ESCADA, M.; RENNÓ, C. Estimativa de Área de Vegetação Secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazonica**. v. 40, n. 2, p. 289-302. 2010.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. **Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture**. Berkeley: Berkeley University of California, 2005.
- ALVES, R.; OLIVEIRA, L.; LOPES, P. Crédito de carbono: o mercado de crédito de carbono no Brasil. **Simpósio de excelência em gestão e tecnologia: Gestão e tecnologia para a competitividade**. p. 1-13. 2013.
- AMAZONAS. (ESTADO). Decreto n.º 42.370, de 5 de junho de 2020. Dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural – CAR, o Programa de Regularização Ambiental do Estado do Amazonas. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**. Manaus/AM: Ed. 34.263. p.4. 5 de junho de 2020.
- ASIGBAASE, M.; DAWOE, E.; LOMAX, B.; SJGERSTEN, S. Biomass and Carbon Stocks of Organic and Conventional Cocoa Agroforests, Ghana. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 306, p.1-11. 2021.
- ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR DO ALTO XINGU (ADAFAX). **Cultivo e Manejo de Cacaueiros**. São Félix do Xingu/PA: ADAFAX, 2013.
- ATTANASIO, J. **Direito Ambiental Interdisciplinar para Estudantes e Profissionais das Áreas de Ciência e Tecnologia**. Campinas/SP: Millennium, 2015.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Análise Temporal da Taxa Selic**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/grafico/graficoestatistica/metaselic>. Acesso em: 15 jan. 2023
- BRAGA, D. **Sistemas Agroflorestais com Cacau para Recuperação de Áreas Degradadas, em São Félix do Xingu – PA**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Recursos Florestais e Conservação de Ecossistemas Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Piracicaba/SP: 2015.
- BRAINER, M. **Produção de cacau**. Banco do Nordeste: Caderno Setorial / Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – Etene, Ano 6, n.º 149, jan., 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/650/3/2021_CDS_149.pdf. Acesso em: 25 nov. 2022.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e institui o novo Código Florestal Brasília/DF: 25 mai. 2012. Disponível: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 25 out. 2022.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n.º 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços

Ambientais. Brasília/DF: 13 jan. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm. Acesso em: 25 out. 2022.

CLOUGH, Y.; FAUST, H; TSCHARNTKE, T. Cacao Boom and Bust: Sustainability of Agroforests and Opportunities for Biodiversity. *Conservation Letters*, v. 2., p. 197–205. 2009.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA (CEPLAC). **Cartilha de boas práticas na lavoura cacaueira no Estado do Pará**. Belém/PA: 2020.

COCOA ACTION BRASIL. **Viabilidade Econômica de Sistemas Produtivos com Cacao**: Cabruca, Pleno Sol e Sistemas Agroflorestais nos Estados da Bahia e do Pará. Ed. 01. Cocoa ActionBrasil. 2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, AMENDOIM E BALAS (ABICAB); ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE CACAU (AIPC). **Agronegócio do Cacao no Brasil**: Produção, Transformação e Oportunidades. São Paulo/SP: Ed. 01. 2021.

FERREIRA, A. **Novo Aurélio século XXI**: O dicionário da língua portuguesa. 3. ed. Rio de Janeiro/RJ: Nova Fronteira, 1999.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GREGIO, J. Da degradação à floresta: A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch e sua Aplicação nas Fazendas Olhos D'Água e Santa Teresinha, Pirai do Norte/BA: *Ambientes*, v. 2, n. 2, p. 106-143, 2020.

HOMMA, A. **Evolução histórica dos microssistemas de produção na amazônia**. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2001.

HOMMA, A. **Utilização de espécies frutíferas de uso múltiplo na recomposição de Reservas Legais e áreas degradadas**. Belém/PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Researches*, Berkshire, v.27, p. 94-132, 1997.

LEPSCH, I. **19 Lições de Pedologia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

LIMA, E.; MENDES, F. Simulação da viabilidade industrial do processamento de amêndoas de cacao em pequena escala: o caso da cacauicultura de Medicilândia no Estado do Pará. *AgEcon Search: Research in Agricultural & Applied Economics*. Belém/PA: p.1-14. 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6. ed. São Paulo/SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. V. I.

LOUREIRO, J.; OLIVEIRA, C.; REAL, R.; SILVA, I.; SANTOS, M.; RODRIGUES, M. Viabilidade Econômica da Produção de Cacao em um Sistema de Rotação de Culturas de Pimenta-do-Reino e Maracujá no Município de Tomé-Açú. Pará. *Revista Brasileira de Administração Científica*. v. 12, n. 3, p. 359-373. 2021.

MAGALHÃES, S.; WEBER, O.; SANTOS, C.; VALADÃO, F. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste – RO. **Acta Amazônia**, v. 43, n. 1, p. 63-72, 2013.

MALLMAN, V.; ARAGÃO, R.; PESTANA, V.; BARTIERES, E.; ARAGÃO, L. Sistemas Agroflorestais e Agroecologia, Uma Alternativa para Recuperação de Áreas Degradadas. **Realização**, v. 5, n. 9, p. 66-72, 2018.

MAPA. Cacau: Produção, manejo e colheita. **Coleção SENAR**, Brasília, v. 215, p. 1-145, 2018. Disponível: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/arquivos/cartilhas-senar/215-cacau-producao-manejo-colheita.pdf/view>. Acesso: 11 nov. 2022.

MAPA. **CPR Verde: título irá recompensar o produtor pela preservação ambiental**, Brasília, 2021. Disponível: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/cpr-verde-titulo-ira-recompensar-o-produtor-pela-preservacao-ambiental>. Acesso: 01 dez. 2022.

PARÁ. (ESTADO). Instrução Normativa Conjunta n.º 7/2019. Dispõe sobre os critérios e procedimentos para recomposição da Reserva Legal pelos proprietários e posseiros rurais, mediante o plantio do cacau em Sistemas Agroflorestais. **Diário Oficial do Estado do Pará**. Belém/PA: Ed. 33.993. p.72. 20 de set. 2019.

PARAENSE, V.; MENDES, F.; FREITAS, A. avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais de Cacau e Mogno na Transamazônica: um estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer, Goiânia/GO: v. 9, n. 16, p. 1-11. 2013.

PENEIREIRO, F. et al. **Apostila do Educador Agroflorestal**. Introdução aos Sistemas Agroflorestais - Guia Técnico. Biblioteca Virtual Arboreto. Rio Branco/AC: UFAC. 2009. Disponível: https://agrofloresta.net/static/mochila_do_educador_agroflorestal/apostila_do_educador_agroflorestal-arboreto.pdf. Acesso: 10 nov. 2022.

PII, Y.; PENN, A.; TERZANO, R.; CRECCHIO, C.; MIMMO, T.; CESCO, S. Plantmicroorganism-soil interactions influence the Fe availability in the rhizosphere of cucumber plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 87, p. 45-52, 2015.

PORRO, A. Cacau e Chocolate: dos hieróglifos maias à cozinha ocidental. **Anais do Museu Paulista**. São Paulo/SP: v. 5, p. 279-284, 1997.

RAINFOREST ALLIANCE. Relatório de Dados de Certificação Cacau 2020: **Programas Rainforest Alliance e UTZ**. 2021. Disponível: <https://www.rainforest-alliance.org/resource-item/cocoa-certification-data-report-2021/>. Acesso: 19 nov. 2022.

REIS, S. **Os Sistemas Agroflorestais à base de cacau e mogno como alternativa sustentável de cobertura vegetal para recuperação de áreas degradadas pelo desmatamento na Amazônia Brasileira**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS: 2015.

RONDÔNIA. (ESTADO). Instrução Normativa n.º 1/2020. Estabelece critérios para a elaboração e implementação do Plano de Suprimento Sustentável e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Rondônia**, Porto Velho/RO: Ed. 141, p. 55. 22 jul. 2020.

RORAIMA. (ESTADO). Instrução Normativa n.º 2/2012. Dispõe sobre os procedimentos simplificados para o registro da Reserva Legal de propriedades e posses rurais do Estado de Roraima. **Diário Oficial do Estado de Roraima**. Boa Vista/RR: Ed. 1.945. p. 13. 07 jan. 2013.

SANTANA, J.; FRAZÃO, M. O cacau na Transamazônica: experiência de diversificação produtiva nos assentamentos da Reforma Agrária e o papel da ATES no fortalecimento da produção de base agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**. v. 10, n. 3, p. 1-5. 2015.

SANTOS, G.; SANTOS, P.; SANTOS, A. **Mercado de cacau fino no Brasil e no mundo**. CEPLAC. p. 1-26. 2012. Disponível: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/chocolates-finos-e-de-aroma/mercados-de-cacau-fino/>. Acesso: 11 nov. 2022.

SOUZA, G.; VASCONCELLOS, S.; PAULINO, G.; SOUSA, M. Estoque e produção de serapilheira sobre o solo em Sistema Agroflorestal sob influência de Árvores de Ingá (*Ingá edulis*) e Cacau (*Theobroma cacao*) no Município de Tomé-Açu (PA). **Anais de congresso**. 17º Seminário de Iniciação Científica e 1º Seminário de Pós-Graduação da Embrapa Amazônia Oriental. Belém/PA: p. 1-4. 2013.

TORRES, C.; JACOVINE, L.; NETO, S.; BRIANEZI, D.; ALVES, E.; 2014. Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Embrapa: Pesquisa Florestal Brasileira**. Viçosa/MG: v.34, nº79, p. 235–244. 2014.

VAAST, P; SOMARRIBA, E. Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. **Agroforestry Systems**, v. 88, p. 947-956, 2014.