



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

PATRÍCIA MIE SUZUKI

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE TOMÉ-AÇU, PARÁ**

BELÉM, PA

2023

PATRÍCIA MIE SUZUKI

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE TOMÉ-AÇU, PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Amazônia Oriental), como parte das exigências para obtenção de grau de Mestrado em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

Linha de Pesquisa: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Orientador: Dr. Steel Silva Vasconcelos

BELÉM, PA

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S968b Suzuki, Patrícia Mie.
Benefícios ambientais e econômicos de sistemas agroflorestais de
Tomé-Açu, Pará / Patrícia Mie Suzuki. — 2023.
77 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Steel Silva Vasconcelos
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto
de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Belém, 2023.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Estoque de carbono. 3.
Biodiversidade. 4. Tomé-Açu. I. Título.

CDD 630.275

PATRÍCIA MIE SUZUKI

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE TOMÉ-AÇU, PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Amazônia Oriental), como parte das exigências para obtenção de grau de Mestrado em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia

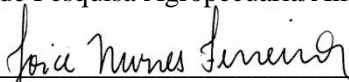
Linha de Pesquisa: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Belém, 28 de abril de 2023

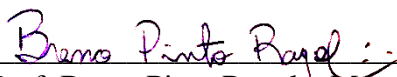
Banca Examinadora:



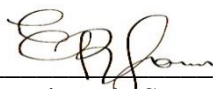
Prof. Steel Silva Vasconcelos - Orientador
Doutor em Recursos e Conservação Florestais
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Amazônia Oriental – EMBRAPA



Prof.^a Joice Nunes Ferreira – Membro interno
Doutora em Ecologia
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Amazônia Oriental - EMBRAPA



Prof. Breno Pinto Rayol – Membro externo
Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Everaldo Barreiros de Souza – Membro interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dedico,

Aos meus avôs, Tomoko (*in memoriam*) e Koji Suzuki.

Aos meus pais, Susana e Ernesto Suzuki.

Ao meu Senhor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que, com muito esforço e sacrifícios, permitiram-me caminhar até aqui.

Aos meus avôs, Koji, Tomoko (*in memorian*), Maria e Takehiro (*in memorian*), pelo carinho e dedicação em nos educar. Às minhas irmãs, Mami e Chie, por me ouvirem e me animar nos momentos difíceis.

Ao meu noivo, Kenji, por me apoiar e incentivar em todos os momentos.

Aos meus amigos e familiares, por sempre vibrarem comigo nas minhas conquistas.

Ao meu orientador, professor Steel Silva Vasconcelos, pela orientação, compreensão e apoio, mesmo estando longe.

Ao programa de pós graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará (PPGCA) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

À Embrapa Amazônia Oriental por ceder a sua estrutura e laboratório para realização da pesquisa, em especial, ao corpo técnico do Laboratório de Análises Sustentáveis (LASS) – Neusa, Ivanildo e Everson – e aos colegas de pesquisa pelo apoio no campo - Mila, Igor e Priscila.

Ao professor Breno Rayol pela orientação e acompanhamento durante o estágio de docência. Ao Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF) pelo apoio logístico e nas análises dos dados, em especial, ao Martin pela dedicação no campo e ao Saulo pelo apoio na análise dos dados. Muito obrigada!

À Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu pelo apoio prévio ao campo e logístico, em especial, aos técnicos Layssa, Márcio, Shioya, Vicente, Pedro, Amilton. Vocês foram incríveis!

Aos agricultores que me receberam em suas propriedades e foram muito solícitos em todo o processo da pesquisa. Minha gratidão ao Sr. Vicente Morais, Sr. Orleans Mesquita, Sr. Luís Peixe, Sr. Edson Costa, Sr. Michinori Konagano, Sr. Ronaldo Kubo, Sr. Edivaldo Lobo, Sr. Eliberto Seki, Sr. José Maria Mendes, Sr. Jailson Takamatsu, Sr. Cláudio Sugaya e Sr. Ernesto Suzuki.

À Deus, meu pai, meu amigo e meu salvador.
Todo o louvor ao autor da criação.

RESUMO

A demanda global de alimentos e o avanço das mudanças climáticas aumentam a pressão por sistemas produtivos sustentáveis e que gerem múltiplos benefícios. Os sistemas agroflorestais (SAFs) são modelos produtivos com potencial para atender tais demandas da sociedade e do meio ambiente. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi avaliar a contribuição dos sistemas agroflorestais para a mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda no município de Tomé-Açu, Pará. Foram selecionadas doze áreas de SAF multiestratificados e instalada uma parcela de 30 x 30 metros, em cada sistema. Foram realizados inventário agroflorestal e entrevistas com o produtor rural, sobre o perfil socioeconômico e a percepção ambiental relacionada aos SAFs. Os dados foram utilizados para avaliar a influência da riqueza de plantas e de outras variáveis nos benefícios de “Mitigação das mudanças climáticas”, “Conservação da biodiversidade” e “Geração de renda”, por meio dos indicadores estoque de carbono da biomassa aérea, índice de Shannon (H') e renda bruta, respectivamente. Para isso, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para selecionar as variáveis e a regressão linear para criar os modelos. Todos os dados do inventário agroflorestal e as análises estatísticas foram realizadas no ambiente computacional R 4.2.2. Também foi realizada a avaliação do desempenho dos SAFs quanto aos benefícios gerados, por meio da ponderação de pontos. De forma geral, 83% dos agricultores relataram estar satisfeitos ou muito satisfeitos com o retorno econômico nos SAFs, além de citar diversos serviços ambientais. A riqueza (S) de plantas por sistema variou entre 3 a 11 espécies e o índice de diversidade de Shannon (H') entre 0,55 e 1,77. A média de estoque carbono da biomassa aérea nos SAFs estudados foi de 45,2 Mg ha⁻¹, com variação entre 27,4 e 63,0 Mg ha⁻¹. Os valores de carbono estocado nos componentes cacau, cupuaçu, açai, dendê e outros foram similares estatisticamente, porém diferiram significativamente do estoque de carbono encontrado no componente florestal ($gl=2$; $\chi^2=71,7$; $p=1,834 \times 10^{-13}$). O valor médio da renda bruta anual advindo da venda desses produtores foi de R\$13.758,53 ha⁻¹ e variou entre R\$1.687,50 e R\$26.250,00 ha⁻¹. Nos sistemas com dendê (SAFs A1, A2 e A3), a palmeira elevou consideravelmente a renda bruta dos SAFs, ao contribuir com 58, 48 e 78% da renda total, respectivamente, apesar da baixa densidade de indivíduos, com média de 69 indivíduos ha⁻¹, nas áreas, em comparação com as outras espécies principais. Nesse estudo não foi possível confirmar a influência da riqueza de plantas na geração de benefícios climático, de

conservação da biodiversidade e de geração renda. Entretanto, outras variáveis influenciaram nos benefícios dos SAFs analisados. Para o estoque de carbono, o “tipo de SAF”, a “densidade de dendê” e a “densidade de espécies de sombra” tiveram melhores desempenhos sobre o estoque de carbono, índice de diversidade de Shannon e a renda bruta, respectivamente. Em geral, a maioria dos SAFs apresentou pontuações distribuídas de forma desuniforme entre os benefícios. Portanto, conclui-se que a riqueza de plantas não foi a variável que influenciou os benefícios avaliados, mas, sim, um conjunto de variáveis analisados, ratificando a complexidade dos SAFs. Os SAFs de Tomé-Açu, no geral, atendem as expectativas dos produtores quanto ao retorno econômico, além de gerarem benefícios relacionados à mitigação das mudanças climáticas e à conservação da biodiversidade. Sobretudo, os SAFs com o componente dendê apresentaram melhores desempenhos nas pontuações da geração dos benefícios.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais; estoque de carbono; biodiversidade; Tomé-Açu.

ABSTRACT

The global demand for food and the advance of climate change generate pressure for sustainable production systems that generate multiple benefits. Agroforestry systems (AFS) are productive models with the potential to meet the demands of society and the environment. In this sense, this research aimed to evaluate agroforestry systems' contribution to climate change mitigation, biodiversity conservation, and income generation in the municipality of Tomé-Açu, Pará. Twelve areas of multi-stratified AFS were selected and a 30 x 30-meter plot was installed in each system. An agroforestry inventory and an interview with the producer about the socioeconomic profile and environmental perception of the AFSs were carried out. The data were used to evaluate the influence of plant richness and other variables on the benefits of "Mitigation of climate change", "Biodiversity conservation" and "Income generation", through the indicators aboveground biomass carbon stock, Shannon index (H') and gross income, respectively. For this, we used Principal Component Analysis (PCA) to select the variables and linear regression to create the models. All data from the agroforestry inventory and the statistical analyses were performed in the R 4.2.2 computing environment. In general, 83% of the farmers reported being satisfied or very satisfied with the economic return on the AFSs, in addition to citing several environmental services. Richness (S) per system ranged from 3 to 11 species and Shannon diversity index (H') between 0.55 and 1.77. The average carbon stock of the aboveground biomass in the studied AFSs was 45.2 Mg ha⁻¹, with a variation between 27.4 and 63.0 Mg ha⁻¹. The values of carbon stock in the cocoa, cupuaçu, açaí, dendê, and other components were statistically similar, but differed significantly from the carbon stock found in the forest component ($g=2$; $\chi^2=71.7$; $p=1.834e-13$). The average value of annual gross income from the sale of these producers was R\$13,758, 53/ha and ranged between R\$1,687.50 and R\$26,250/ha. In the systems with oil palm (AFSs A1, A2 and A3), the palm tree considerably increased the gross income of the AFSs, contributing 58, 48 and 78% of the total income, respectively, despite the low density of individuals, with an average of 69 ind ha⁻¹, in the areas, in comparison with the other main species. In this study, it was not possible to confirm the influence of plant richness on the generation of climate benefits, biodiversity conservation, and income generation. However, other variables influenced the benefits of the analyzed AFSs. "SAF type", "oil palm density" and "shade species density" performed best on carbon stock, Shannon diversity index and gross income, respectively. As for the benefit scores, in general, most of the AFSs showed unevenly distributed scores for each benefit. Therefore, we conclude

that plant richness was not the variable that influenced the benefits evaluated, but rather a set of variables analyzed, ratifying the complexity of Tomé-Açu's AFSs. In general, the AFSs of Tomé-Açu meet the expectations of producers in terms of economic return, besides generating benefits related to climate change mitigation and biodiversity conservation. In particular, the AFSs with the oil palm component showed better performance in the scores of benefits generation.

Keywords: agroforestry systems; carbon stocks; biodiversity; Tomé-Açu.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de localização das áreas de estudo em Tomé-Açu, Pará.	25
Figura 2- Sistemas agroflorestais em Tomé-Açu. Em que: a) Visão externa do SAF-A7; b) Visão interna do SAF-A5.	26
Figura 3- Inventário agroflorestal em Tomé-Açu, Pará. Em que: a) medição da altura com o uso do hipsômetro Vertex IV; b) medição da circunferência à altura do peito (CAP) com fita métrica.	33
Figura 4- Quantidade de citações de um dado benefício dos sistemas agroflorestais realizadas pelos agricultores entrevistados, Tomé-Açu, PA.	39
Figura 5- Estoque de carbono da biomassa aérea por componente de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	44
Figura 6- Renda bruta dos componentes de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	45
Figura 7- Resultado da análise de PCA das variáveis de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	47
Figura 8- Estoque de carbono acima do solo por tipo de sistema agroflorestal Tomé-açu, Pará.	48
Figura 9- Efeito da densidade de dendê (ind ha^{-1}) sobre o Índice de Diversidade de Shannon (H') dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	50
Figura 10- Efeito da densidade de árvores sombreadas ($\text{árvores } 0,09\text{ha}^{-1}$) sobre a renda bruta dos agricultores agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	51
Figura 11- Pontuação dos benefícios de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização geral dos sistemas agroflorestais avaliados em Tomé-Açu, Pará....	27
Tabela 2- Caracterização física e química do solo de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Pará.....	30
Tabela 3- Descrição dos indicadores correspondentes aos benefícios e os métodos de coleta que serão utilizados.	34
Tabela 4- Equações alométricas utilizadas para o cálculo da biomassa aérea de sistemas agroflorestais de Tomé-Açu. Diâmetro à altura do peito (DAP); Altura (h); Densidade da madeira (DM).	35
Tabela 5- Riqueza de espécies e indicadores de biodiversidade de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Interdisciplinaridade da pesquisa	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Sistemas agroflorestais na Amazônia	18
3.2 Transição agrícola em Tomé-Açu, Pará	19
3.3 Benefícios dos sistemas agroflorestais	20
3.3.1 Conservação da biodiversidade	21
3.3.2 Mitigação das mudanças climáticas	21
3.3.3 Geração de renda	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização e histórico das áreas de estudo	25
4.2 Procedimentos de campo	29
4.2.1 Caracterização do solo dos SAFs	29
4.2.2 Entrevista.....	32
4.2.3 Inventário agroflorestal.....	33
4.3 Benefícios dos SAFs avaliados	33
4.3.1 Estoque de carbono da biomassa aérea.....	34
4.3.2 Diversidade de espécies.....	35
4.3.3 Renda bruta.....	36
4.4 Pontuação dos benefícios	36
4.5 Análise estatística	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38

5.1 Perfil dos agricultores	38
5.2 Percepção dos agricultores sobre os SAFs	39
5.3 Diversidade de plantas nos SAFs	41
5.4 Estoque de carbono nos SAFs	43
5.5 Geração de renda.....	45
5.6 Quais variáveis influenciam na geração de benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda?.....	46
5.6.1 PCA	47
5.6.2 Modelos de regressão	47
6 CONCLUSÃO.....	555
REFERÊNCIAS	566
APÊNDICE A - Parâmetros fitossiológicos dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará. Em que: N – número de indivíduos; AB: área basal; DA - densidade absoluta; DR - densidade relativa; DoA - dominância absoluta, DoR - dominância relativa; IVI - Índice de Valor de Importância.....	644
APÊNDICE B - Resumo estatístico da seleção do modelo para o estoque de carbono em Tomé-Açu, Pará.	711
APÊNDICE C - Quantificação da pontuação dos benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	733
APÊNDICE D – Questionário aplicado aos agricultores de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.	744
APÊNDICE E – Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN).	766
APÊNDICE F – Modelo do termo de consentimento livre e esclarecido assinado pelos agricultores entrevistados.	777
APÊNDICE G - Construção da pontuação dos indicadores dos benefícios.	79

1 INTRODUÇÃO

A demanda global por alimentos cresce anualmente com o aumento da população mundial, que chegará a mais de 9 bilhões de pessoas em 2050 (FAO, 2018). Esse cenário de pressão em relação à segurança alimentar se torna ainda mais desafiador no contexto das mudanças climáticas (GODFRAY, 2010). O modelo de agricultura convencional com foco somente na produção e ganhos econômicos se torna ineficiente em atender as demandas cada vez mais complexas da sociedade e do meio ambiente (PRETTY; BHARUCHA, 2014).

Nesse contexto, cresce a busca por sistemas produtivos que sejam capazes de gerar múltiplos benefícios sociais, ambientais e econômicos, além daqueles atrelados à mitigação das mudanças climáticas (BLASER et al, 2018). Um exemplo de modelo produtivo, com potencial para gerar diversos benefícios são os sistemas agroflorestais (LIPPER et al, 2014; ZOMER et al., 2016). Sistemas agroflorestais ou SAFs são alternativas produtivas que combinam, deliberadamente, culturas agrícolas com espécies florestais em uma mesma unidade de área que pode incluir ou não a presença de animais compondo o sistema, de modo que, a partir da interação estabelecida entre esses elementos, haja a oferta de produtos e serviços (ICRAF, 1983; SILVA, 2013).

Em SAFs com maior diversidade de plantas as múltiplas relações estabelecidas entre os componentes são complexas, porém importantes para o funcionamento ecológico (CARDOZO et al., 2015). Em sistemas diversificados, pode-se esperar uma maior resiliência e estabilidade a eventos climáticos, ataques de pragas e doenças, recuperação do solo, retorno da fauna local e uma complementariedade funcional entre as plantas deliberadamente selecionadas (BHAGWAT et al., 2008; TSCHORA; CHERUBINI, 2020) . Do ponto de vista econômico, o maior número de espécies de plantas em uma única área apresenta vantagens e desvantagens. Quanto maior o número de espécies que compartilham o mesmo espaço simultaneamente, maior a competição das plantas por recursos – água, luz e nutrientes – e a complexidade do manejo aumenta, fatores estes que podem afetar a produção (SILVA, 2013; BLASER et al., 2018). Por outro lado, a diversificação da produção pode assegurar a renda ao longo do ano e permite uma maior resiliência caso haja a oscilação de preço no mercado (AMARE; DARR, 2020).

Portanto, apesar das preocupações ambientais, com a mitigação das mudanças do clima e a conservação da biodiversidade serem fundamentais para subsidiar estratégias de

manutenção da integridade do planeta e para o cumprimento das metas globais, os fatores sociais e econômicos são prioritários, principalmente no contexto da agricultura familiar da amazônica. Caso o sistema promova baixos rendimentos ao produtor, a sua substituição por outras formas de produção pode ocorrer, como o retorno ao monocultivo ou a abertura de novas áreas florestais para aumentar a produção (KREMEN, 2015). Dessa forma, o equilíbrio na geração de benefícios e os desafios dos modelos de SAFs devem ser avaliados de forma ampla e multidisciplinar (BLASER et al., 2018).

Em Tomé-Açu, município do nordeste paraense com um longo histórico na prática de SAFs, podem ser observados modelos com níveis de diversidade diferentes, desde SAFs menos diversificados, com foco nas espécies comercialmente relevantes, até SAFs com alta diversificação, com foco na segurança alimentar (OLIVEIRA NETO; ALVEZ; SCHWARTZ, 2022; CASTRO; FUTEMMA, 2021). Entretanto, nem todos os modelos de SAFs desenvolvidos no município são sustentáveis em longo prazo ou trazem o retorno econômico eficiente (HOMMA, 2015).

Assim, compreender os benefícios gerados pelos modelos de SAFs de Tomé-Açu e a influência da riqueza de plantas na geração dos benefícios, pode contribuir para o subsídio de políticas públicas para o fomento de modelos de SAFs mais eficientes para atender as demandas locais dos produtores rurais da Amazônia e aos interesses ambientais internacionais. Dessa forma, faz-se a seguinte pergunta científica: A riqueza de plantas nos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu influencia na geração de benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e renda dos produtores?

Para isso será testada a hipótese de que o nível de riqueza de plantas dos sistemas agroflorestais influencia a conservação da biodiversidade, o aumento do estoque de carbono da biomassa aérea e a geração de renda para os agricultores. Um sistema diversificado, em contraste com o monocultivo, deve permitir um maior equilíbrio ambiental, pela complexidade semelhante à da floresta, e econômico, pela possibilidade de comercializar uma maior variedade de produtos ao longo do ano.

1.1 Interdisciplinaridade da pesquisa

Nesta dissertação, buscou-se compreender os diversos fatores que influenciam os benefícios ambientais e econômicos de sistemas agroflorestais praticados na região de Tomé-Açu. Os SAFs, como sistemas complexos, podem gerar diferentes benefícios por meio da interação de seus componentes. Portanto, foram utilizadas metodologias interdisciplinares para

gerar informações relacionadas aos aspectos sociais e econômicos, com o uso de entrevistas com os produtores, e inventário agroflorestal, para avaliar os aspectos ambientais dos SAFs.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a contribuição de sistemas agroflorestais para a mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda no município de Tomé-Açu, Pará.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar o estoque de carbono da biomassa aérea e diversidade florística de sistemas agroflorestais;
- Avaliar questões econômicas e percepções ambientais dos produtores de sistemas agroflorestais;
- Analisar o desempenho dos sistemas agroflorestais na geração de benefícios climáticos, conservação da biodiversidade e econômico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas agroflorestais na Amazônia

A agricultura na região amazônica tem papel importante na produção de alimentos para o país (FAO, 2017). Entretanto, o avanço das fronteiras agropecuárias, com a entrada de monocultivos e pecuária extensiva ocupando grandes extensões de terra, e a agricultura tradicional, com a prática de corte e queima da floresta secundária, causam pressões sobre o meio ambiente, o que chama atenção para a necessidade de formas de uso da terra com menor impacto ambiental (GARRETT et al., 2021).

O avanço da ciência proporcionou o desenvolvimento de várias tecnologias que reduzem impactos negativos da agricultura praticada na Amazônia, tal como preparo de área com corte e trituração da vegetação secundária (KATO, 1998), Sistema Bragantino (CRAVO et al., 2005), sistemas agroflorestais (SAFs), entre outros. Os SAFs destacam-se como alternativas vantajosas, sobretudo, para os pequenos produtores, pois a diversificação da área com espécies florestais favorece a segurança alimentar, otimização do uso da terra e equilíbrio ambiental do sistema (ARCO-VERDE, 2008; SOMARRIBA; BEER, 2011).

O cultivo de espécies agrícolas com árvores associadas, em uma mesma área é uma prática milenar realizada por vários povos em diferentes partes do mundo. Na América tropical, por exemplo, os povos nativos, tradicionalmente, simulavam as condições e estrutura da floresta para favorecer os seus plantios agrícolas (KING, 1987). Nas regiões tropicais estão concentrados diversos tipos de sistemas agroflorestais, adaptados a cada contexto climático, social, econômico, disponibilidade de material genético, entre outros (SILVA, 2013).

Na região amazônica os policultivos praticados pelas populações nativas datam mais de 4500 anos e tiveram relevante influência na domesticação de diversas espécies florestais para produção de alimentos, uso medicinal, madeireiro, entre outros (MAEZUMI et al., 2018). Os arranjos e modelos dos SAFs foram sofrendo adaptações ao longo do tempo, em função da diversidade da vegetação, condições socioeconômicas e acesso a tecnologias (SANTOS et al., 2004; BRIENZA JUNIOR et al., 2009). Atualmente, os tipos de SAFs comumente encontrados na região são os quintais agroflorestais e os sistemas multiestratificados (VIEIRA et al., 2007).

Os quintais agroflorestais, correspondem a áreas próximas às residências compostas por espécies agrícolas e florestais, geralmente com alta diversidade e presença de animais, e que apresentam importância como local de recreação, geração de alimentos complementares para o

consumo da família e conservação da biodiversidade (ALMEIDA; GAMA, 2014; BRENO; MIRANDA, 2019). Os sistemas agroflorestais multiestratificados são compostos por espécies com portes variados, que dominam estratos diferentes do sistema, a fim de reduzir os efeitos da competição por luz, água e nutrientes, o que o torna mais complexo (EWERT et al., 2016).

Existem na literatura diversos critérios de classificação de SAFs, seja pela estrutura, socioeconomia, ecologia, entre outros (NAIR, 1985). Costa (2020) definiu duas classes de SAFs presentes na região amazônica: SAF-A e SAF-. O SAF-F tem a floresta como ponto de partida, ou seja, ocorre o manejo dos recursos do bioma, em uma espécie de “extrativismo dinâmico” e é caracterizado por alta diversidade de espécies e praticado, geralmente, por populações tradicionais para o consumo próprio, apresentando menor uso de insumos e mão de obra, como os SAFs encontrados nas várzeas de Cameté (SANTOS et al., 2004). O SAF-A, por sua vez, tem como ponto de partida a agricultura e apresenta menor diversidade de espécies e predomínio de espécies de alto valor comercial, uso maior de insumos e mão de obra, como os sistemas agroflorestais praticados em Tomé-Açu (REGO; KATO, 2017).

3.2 Transição agrícola em Tomé-Açu, Pará

A imigração japonesa para o município de Tomé-Açu teve início em 1929, com o objetivo de colonizar áreas da Amazônia e desenvolver a agricultura. Porém, desafios como a falta de tecnologias e conhecimento para produção agrícola, doenças tropicais letais, falta de acesso aos mercados, entre outros, fizeram com que muitos japoneses migrassem para outras regiões. Somente a partir do ano de 1952, com a valorização do preço da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), devido à destruição dos pimentais dos principais países produtores durante a Segunda Guerra Mundial, houve a expansão dos plantios da cultura na região (HOMMA, 2016). A partir da década de 1970 houve o declínio da produção de pimenta-do-reino acometida pela doença fusariose (*Fusarium*), facilitada pelo plantio em monocultivos, e, conseqüentemente, a queda dos preços de venda. Esses fatores impulsionaram os agricultores nipo-brasileiros a buscarem novas alternativas econômicas (HOMMA, 2016).

Nesse contexto, iniciou-se a prática de consórcio de hortaliças, espécies frutíferas e madeiras a fim de aproveitar as áreas, reduzir a incidência de doenças nos plantios e atender ao mercado consumidor (HOMMA, 2003). A diversificação da produção baseou-se na observação realizada pelos agricultores nipo-brasileiros dos quintais diversificados dos ribeirinhos locais, combinado com o conhecimento de mercado e técnicas agrícolas dos imigrantes japoneses (CASTRO; FUTEMMA, 2021).

Os sistemas agroflorestais de Tomé-Açu ou SAFTA são caracterizados como plantios multiestratificados, com presença de espécies de alto valor econômico que dominam a área e que são plantadas de forma sucessional. Portanto, nos SAFTAs a evolução do sistema se assemelha a da sucessão que ocorre nas florestas naturais, o que favorece a continuidade da produção ao longo dos anos (REGO; KATO, 2017; CASTRO; FUTEMMA, 2021). Esses sistemas destacam-se pela capacidade de gerar renda, diversificação da produção, otimização do uso da área, redução da pressão sobre as florestas e possibilidade de replicação por outros agricultores (PALUDO; COTASBEBER, 2012; HOMMA, 2016), o que os tornam vantajosos quando comparado com os monocultivos comumente praticados na região.

Os SAFTAs estão em constante evolução e variam de acordo com as demandas do mercado, facilidade de manejo, entre outros. Atualmente, as principais espécies que os compõem são, geralmente, semi-perenes, como a *Euterpe oleracea* (açai), *Theobroma grandiflora* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), *Theobroma cacao* L. (cacau), *Piper nigrum* L. (pimenta-do-reino), e espécies florestais e frutíferas complementares (KATO et al., 2012; CASTRO; FUTEMMA, 2021).

Ao longo dos anos, a busca por SAFs rentáveis impulsionou a criação e testes de diversos modelos e arranjos, tendo forte adesão também por parte dos agricultores familiares locais, que passaram a diversificar as suas produções, tomando como base os sistemas produtivos dos nipo-brasileiros (HOMMA, 2016). Nesse sentido, vale ressaltar que essa transição agrícola no município de Tomé-Açu iniciou-se com o objetivo de atender as demandas econômicas dos produtores e reduzir os riscos produtivos, e como consequência da diversificação, os sistemas agroflorestais passaram a gerar importantes serviços ambientais e benefícios ao meio ambiente.

3.3 Benefícios dos sistemas agroflorestais

A importância dos monocultivos na produção de alimentos em larga escala é inquestionável, entretanto, esse modelo de produção não consegue gerar benefícios sociais e provisão de serviços ambientais como os sistemas diversificados, como os SAFs. Os benefícios dos SAFs abrangem aspectos econômicos, ambientais, ecológicos e sociais, tornando-os uma alternativa potencial para os desafios atuais da sociedade e cumprimento de acordos internacionais, como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (SILVA, 2013; WALDRON, 2017). A conservação da biodiversidade, mitigação das

mudanças climáticas e geração de renda gerados pelos SAFs são benefícios fundamentais a serem considerados.

3.3.1 Conservação da biodiversidade

O Brasil, país com a maior diversidade de espécies do mundo, abriga inúmeras plantas nativas com potencial agrônomo, bioenergético, ornamental, madeireiro e medicinal importante para atender às demandas sociais (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011; ULLOA et al., 2017). Entretanto, a conservação da biodiversidade sofre impactos negativos causados por perda de habitat, propagação de espécies exóticas, mudanças climáticas e degradação de ecossistemas, principalmente com a expansão da agricultura (JOSE, 2012). A fim de reduzir os impactos da degradação e recuperar os ecossistemas naturais, a Organização das Nações Unidas declarou o período 2021 a 2030 como a Década da Restauração de Ecossistemas, para restaurar 350 milhões de hectares em todo o globo (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2020).

A restauração de ambientes naturais favorece ganhos na biodiversidade e isso influencia os setores de produção, pois existe a interdependência entre a conservação da diversidade e a produção agrícola, principalmente os SAFs (CHAZDON, 2008). A agricultura depende da biodiversidade para a geração de alimentos e serviços ambientais diversos, como a polinização e a ciclagem de nutrientes, assim como os sistemas produtivos, como os SAFs, podem conservar a biodiversidade nativa ao proteger os habitats e fornecer alimento para a fauna, reduzir a pressão sobre as florestas e formar corredores ecológicos (BHAGWAT, 2008; JOSE, 2012).

Porém, os SAFs também podem contribuir para a redução da biodiversidade, quando ocorre a sua implantação em detrimento das florestas, ou seja, abertura de áreas naturais para o plantio de agroflorestas (MARTIN et al., 2020). Portanto, a contribuição desse sistema produtivo para a conservação da biodiversidade também está associada ao histórico de uso do solo, se previamente a área era constituída de ambientes florestais com elevada riqueza ou se correspondia a um ambiente degradado que foi restaurado.

3.3.2 Mitigação das mudanças climáticas

A mitigação das mudanças climáticas corresponde a ações humanas para a redução das emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera e potencialização do estoque desses gases nos “sumidouros”, como os oceanos, florestas e solo (IPCC, 2007). A prática de SAFs, com presença de componentes arbóreos e arbustivos, contribui significativamente para o estoque de carbono na biomassa e no solo (NAIR et al., 2010). Além disso, devido ao caráter perene das

espécies, reduz-se a abertura de novas áreas florestais para a produção agrícola e a pressão sobre a madeira nativa, contribuindo para a diminuição da emissão de dióxido de carbono por queimadas e desmatamento (MINANG et al., 2014).

A quantidade de carbono na biomassa que o sistema consegue estocar depende de vários fatores, como tipo de SAF, composição e idade das espécies, fatores ambientais, manejo, diversidade de espécies (FELICIANO et al., 2018; FENG et al., 2022). Porém, de forma geral, entende-se que os SAFs localizados nas zonas áridas e ambientes degradados tem uma baixa capacidade de estocar carbono da biomassa, diferente dos SAFs praticados em regiões de clima tropical (FELICIANO et al., 2018).

Os SAFs podem fixar quantidades significantes de dióxido de carbono atmosférico na biomassa acima do solo, como galhos, folhas, cascas, troncos, assim como na biomassa abaixo do solo, como nas raízes e carbono orgânico do solo (IPCC, 2019). Nas regiões úmidas dos trópicos a quantidade de carbono estocado na biomassa acima do solo nos SAFs pode chegar a 70 Mg ha⁻¹ (MUTUO et al., 2005) e a quantidade de carbono orgânico estocado no solo pode variar entre 30 a 300 Mg ha⁻¹, dependendo da região (AGEVI et al., 2017).

3.3.3 Geração de renda

Redução da pobreza e erradicação da fome nas áreas rurais são desafios que necessitam de soluções urgentes, principalmente nos países em desenvolvimento (GALLO et al., 2012). Os SAFs desempenham papel importante na segurança alimentar e geração de renda dos pequenos produtores, devido a melhoria da qualidade do solo e, portanto, o aumento da produção, e a diversificação de produtos na área com plantas alimentícias, medicinais, madeiras, entre outros (GARRITY et al., 2010).

As espécies implantadas nos SAFs devem trazer retorno econômico ao longo dos anos e na fase final do ciclo do sistema, a madeira é retirada do sistema para venda. Nesse tipo de sistema o planejamento é fundamental, uma vez que ocorre uma imobilização de recurso por um período longo até a venda da madeira. Portanto, o planejamento deve considerar desde o preparo da área, implantação das espécies e manejo até a venda do produto (MACEDO et al., 2010). As espécies florestais, além de gerarem uma renda adicional para o produtor ao final do ciclo do SAF, também podem contribuir com os ganhos econômicos ao longo do ano de forma direta, com a produção de frutos e sementes, ou de forma indireta com a manutenção da umidade do solo e ciclagem de nutrientes (JOSE, 2009; EHRENBERGEROVÁ et al., 2019).

A diversificação do sistema contribui para a distribuição da receita ao longo do ano, devido a possibilidade de várias safras, e reduz a vulnerabilidade da oscilação dos preços dos produtos (MURTHY et al., 2016). Entretanto, como as demais atividades agrícolas, os SAFs também estão suscetíveis a riscos e incertezas que se potencializam devido à complexidade dos componentes, manejo e busca de mercados consumidores, principalmente na Amazônia (BENTES-GAMA, 2005). Apesar disso, a importância dos SAFs para a economia na região amazônica é relevante, principalmente no estado do Pará, onde os SAFs comerciais ou tipo A, contribuíram com o valor bruto de produção de R\$ 3,2 bilhões, correspondendo a 50% da economia local de 52 municípios paraenses (IBGE, 2017; COSTA, 2020).

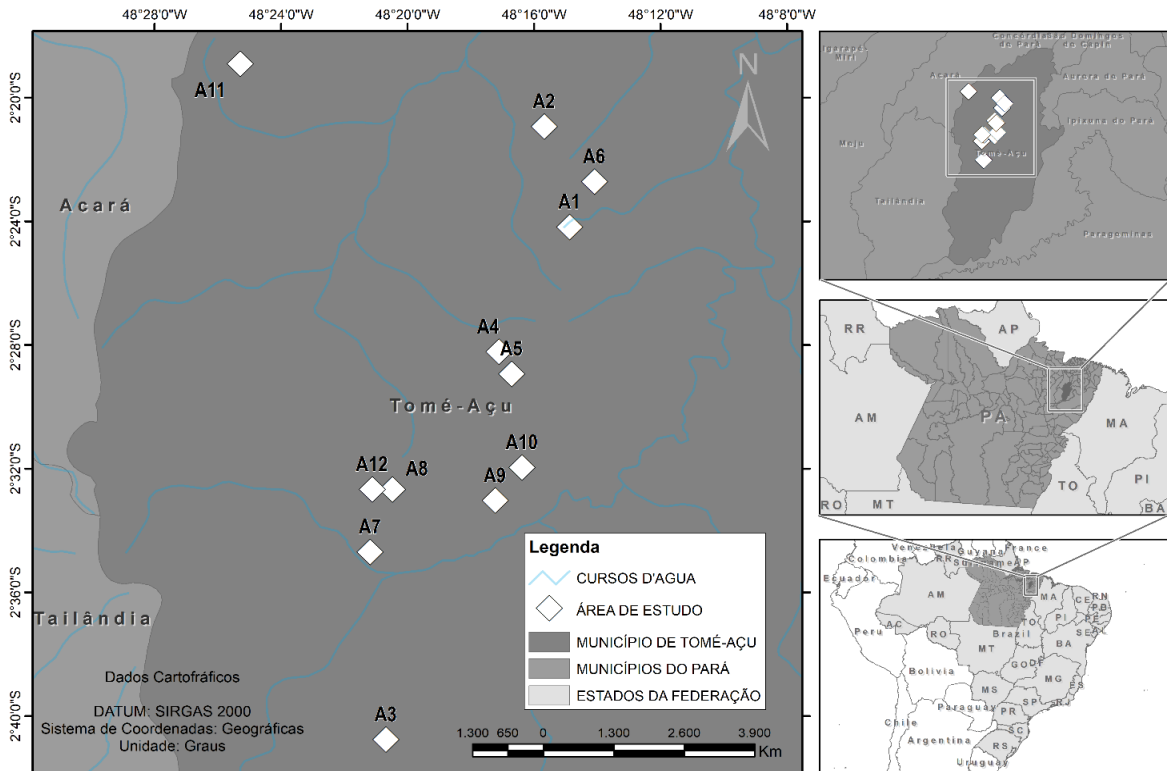
4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Tomé-Açu, localizado na mesorregião do nordeste paraense. O clima da região é mesotérmico úmido Ami, segundo a classificação de Köppen, com temperaturas média anual de 26 °C e precipitação média anual de 2300 mm, com período mais chuvoso, entre os meses de dezembro e maio, e período menos chuvoso, entre os meses de junho e novembro (PACHECO; BASTOS, 2001). O tipo de solo predominante na região é o Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo Concrecionário (BAENA; FALESI, 1999).

A escolha do município de Tomé-Açu para a realização da pesquisa ocorreu pelo histórico de sucesso da prática de sistemas agroflorestais (SAFs) comerciais ou SAF-A na região e a presença de diversos modelos e arranjos diferentes de SAFs, além da facilidade de acesso e logística nas áreas. O planejamento e a execução da coleta de campo ocorreram com a parceria da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) e o Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF).

Para a seleção dos SAFs foram inicialmente observadas as características das áreas de SAFs potenciais de cooperados à CAMTA e não cooperados, conhecidos pela equipe de técnicos. A seleção ocorreu com base nos seguintes critérios: a) SAFs multiestratificados; b) idade entre 10 e 15 anos - para abranger a fase produtiva dos principais componentes dos sistemas, ou seja, *Theobroma cacao* Linn. (cacau), *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), *Euterpe oleracea* Mart. (açai); c) níveis variados de diversidade de plantas. Após a seleção prévia, seguiu-se para a visita às propriedades, que consistiu em reconhecimento das áreas, observações sobre o acesso à propriedade, disponibilidade do agricultor em participar da pesquisa e coleta de informações gerais sobre o tamanho das áreas, idade dos sistemas, composição de espécies, espaçamento e histórico de uso da área. Por fim, foram selecionadas doze áreas de sistemas agroflorestais na região de Tomé-Açu, pertencentes aos agricultores cooperados da CAMTA e não cooperados (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização das áreas de estudo em Tomé-Açu, Pará.

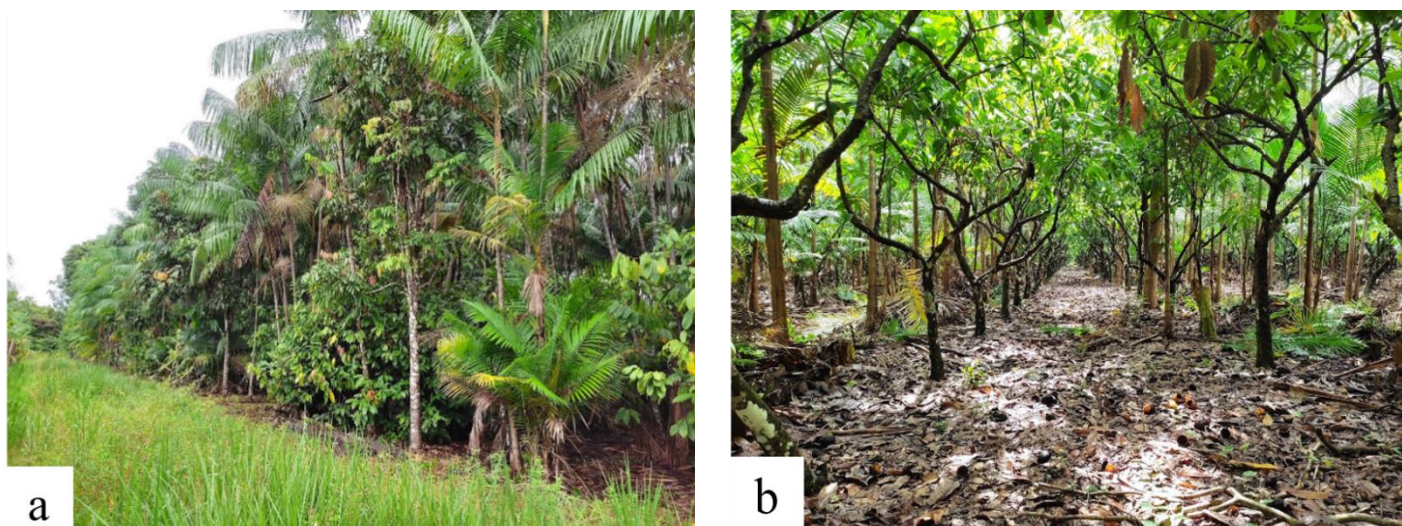


As áreas selecionadas estão localizadas em diferentes partes do município e abrangeram agricultores com experiências e nível de conhecimento diferente na prática de SAF. Todos os produtores são assistidos por técnicos e extensionistas da cooperativa, prefeitura e outros órgãos públicos, que auxiliam na prática de manejo.

4.1 Caracterização e histórico das áreas de estudo

Os sistemas consistem em SAFs com composições, densidade, manejo e histórico de uso do solo diversos. Os SAFs A4, A6, A7, A8, A9, A10 e A11 tiveram um histórico de uso do solo semelhante, ou seja, iniciou-se com a abertura da área de floresta secundária para implantação de monocultivos de ciclo anual ou a própria pimenta do reino e, após alguns anos, as espécies frutíferas e florestais foram implantadas.

Figura 2- Sistemas agroflorestais em Tomé-Açu. Em que: a) Visão externa do SAF-A7; b) Visão interna do SAF-A5.



Os SAFs A1, A2 e A3 correspondem às Unidades Demonstrativas do projeto de pesquisa SAF Dendê. No preparo de área não se utilizou fogo, mas apenas trituração da biomassa (GOMES et al., 2020). As áreas selecionadas fazem parte do plantio diversificado do experimento. Antes da implantação do projeto de pesquisa, O SAF-A1 correspondia a um pomar abandonado, O SAF-A2 a uma floresta sucessional e o SAF-A3 a uma pastagem degradada.

Na área do SAF-A5, após a retirada da capoeira, foi realizado o plantio de gramínea forrageira, seguido do plantio em monocultivo de limão na década de 90 e posteriormente, a implantação de pimenta do reino, cacau, banana e espécies florestais (Figura 2). Somente em 2016 o açaí foi introduzido no sistema. Na área do SAF-A12, a floresta secundária foi cortada e o preparo da área ocorreu sem o uso do fogo. No ano 2004 foram implantadas a pimenta do reino e o açaí, após 4 anos, com o fim do ciclo da pimenta do reino, o produtor introduziu ao SAF o cacau e as espécies florestais.

Tabela 1- Caracterização geral dos sistemas agroflorestais avaliados em Tomé-Açu, Pará.

(continua)

Identificação	Idade (anos)	Espécies	Densidade (número de indivíduos ha ⁻¹)	Espécie comercial principal
A1	14	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Oenocarpus mapora</i> H. Karsten (bacabi), <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê), <i>Adenantha pavonina</i> L. (falso pau-brasil), <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl. (castanha do pará), <i>Tabebuia</i> sp. (ipê roxo), <i>Virola surinamensis</i> Rol. ex Rottb. (ucuuba), <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos (ipê rosa), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba)	944,4	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê)
A2	14	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Oenocarpus mapora</i> H. Karsten (bacabi), <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba), <i>Musa</i> spp. (bananeira), <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos (ipê rosa), <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. (guanandi), <i>Oenocarpus bataua</i> Mart. (pataua), <i>Tachigali vulgaris</i> L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima (tachi)	744,4	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê)
A3	14	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba), <i>Musa</i> spp. (bananeira), <i>Gliricidia sepium</i> Jacq. (gliricídia), <i>Inga edulis</i> Mart. (ingá), <i>Spondias lutea</i> L. (taperebá), <i>Piper nigrum</i> L. (pimenta do reino)	1111,1	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê)
A4	15	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Gliricidia sepium</i> Jacq. (gliricídia), <i>Musa</i> spp. (bananeira), <i>Coccus nucifera</i> L. (coco), <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. (mogno africano)	577,8	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)
A5	12	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (copaiba), <i>Genipa americana</i> L. (jenipapo), <i>Hymenaea courbaril</i> L. (jatobá), <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. (mogno africano)	1200,0	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)

(continuação)

Identificação	Idade (anos)	Espécies	Densidade (número de indivíduos ha ⁻¹)	Espécie comercial principal
A6	15	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno brasileiro), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai)	800,0	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu)
A7	11	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba), <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose, <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. (mogno africano), <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno brasileiro), <i>Piper nigrum</i> L. (pimenta do reino)	1344,4	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)
A8	12	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), <i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba), <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno brasileiro), <i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori (jarana), <i>Platonia insignis</i> Mart. (bacuri), <i>Spondias lutea</i> L. (taperebá), <i>Bactris gasipaes</i> (Kunth) (pupunha)	1266,7	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu)
A9	12	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno brasileiro), <i>Platonia insignis</i> Mart. (bacuri), <i>Mangifera indica</i> L. (manga), <i>Nephelium lappaceum</i> L. (rambutã), <i>Himatanthus sucuuba</i> (Spruce ex Müll. Arg.) (sucuuba), <i>Persea americana</i> Mill. (abacate), <i>Lecythis pisonis</i> Camb. (sapucaia), <i>Spondias lutea</i> L. (taperebá), <i>Bertholletia excelsa</i> Humn. & Bonpl. (catanha do pará)	1566,7	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)

(conclusão)

Identificação	Idade (anos)	Espécies	Densidade (número de indivíduos ha ⁻¹)	Espécie comercial principal
A10	10	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba), <i>Platonia insignis</i> Mart. (bacuri), <i>Spondias lutea</i> L. (taperebá)	966,7	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu)
A11	12	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba)	800,0	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)
A12	13	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau), <i>Euterpe oleracea</i> Mart. (açai), <i>Musa</i> spp. (bananeira), <i>Swietenia macrophylla</i> King (mogno brasileiro), <i>Garcinia mangostana</i> L. (mangustão), <i>Hymenaea courbaril</i> L. (jatobá)	1133,3	<i>Theobroma cacao</i> Linn. (cacau)

4.2 Procedimentos de campo

Em cada área de SAF foi instalada uma parcela quadrada de 30 x 30 m (900 m²), com o auxílio de trena, piquetes para identificar os vértices e o uso do GPS para a coleta dos pontos. Em cada SAF foram realizados o inventário agroflorestral e a coleta de solo nas parcelas. As parcelas foram alocadas de forma aleatória nos SAFs, considerando o efeito de borda de no mínimo 5 m. A coleta de dado em campo foi realizada uma única vez em cada área, entre junho e agosto de 2022.

4.2.1 Caracterização do solo dos SAFs

Foram coletadas amostras para caracterização física e química do solo dos SAFs (Tabela 2). Em cada parcela foi escavada uma trincheira quadrada (50 cm x 50 cm x 50 cm) em local definido aleatoriamente para coleta de amostras indeformadas de solo, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Em cada camada foram coletadas três amostras, em cada parede da trincheira, totalizando nove amostras por trincheira. As amostras foram coletadas por meio de anéis de aço (Kopecck) com volume interno conhecido, para determinação da densidade solo, baseado no método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

Foram coletadas também cinco amostras deformadas de solo por parcela, com o trado de aço, para formar uma amostra composta e realizar a análise do teor de carbono, da granulometria e de fertilidade do solo. As amostras foram analisadas no Laboratório Terra e no Laboratório de Sistemas Sustentáveis da Embrapa Amazônia Oriental.

Tabela 2- Caracterização física e química do solo de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Pará.

(continua)

SAF	Granulometria			Fertilidade						Densidade
	Areia	Silte	Argila	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	
	..... % .....			CaCl ₂	.... mg/dm ³ ...			..... cmolc/dm ³		g/cm ³
..... Profundidade 0 – 10 cm										
A1	28	14	59	5,2	85,0	40,0	4,5	1,1	3,5	0,97
A2	47	11	42	4,9	26,0	38,0	5,4	1,0	3,8	1,45
A3	21	11	68	5,2	7,0	20,0	4,6	1,2	3,0	1,47
A4	77	6	17	4,7	18,0	24,0	2,0	0,7	3,1	1,48
A5	51	7	42	5,0	60,0	50,0	4,2	1,0	3,8	1,32
A6	51	10	39	5,0	20,0	22,0	3,8	1,4	3,8	1,60
A7	60	15	25	4,4	3,0	30,0	1,1	0,4	3,5	1,25
A8	71	6	23	4,0	3,0	44,0	1,0	0,2	3,7	1,34
A9	60	9	31	4,9	8,0	48,0	3,1	1,0	3,2	1,46
A10	69	6	25	4,3	8,0	22,0	0,8	0,2	3,2	1,53
A11	71	6	23	4,2	14,0	40,0	1,8	0,4	3,8	1,62
A12	77	6	17	5,0	36,0	22,0	4,0	1,0	3,5	1,54

(continuação)

SAF	Granulometria			Fertilidade						Densidade
	Areia	Silte	Argila	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	
	..... % .....	..... % .....	..... % .....	CaCl ₂	.... mg/dm ³ ...	..... mg/dm ³ ...	..... mg/dm ³ ...	..... cmolc/dm ³ .....	..... cmolc/dm ³	g/cm ³
..... Profundidade 10 – 20 cm										
A1	51,0	12,0	37,0	4,8	28,0	48,0	2,8	0,7	3,8	1,05
A2	51,0	12,0	37,0	4,5	8,0	32,0	1,9	0,5	4,2	1,57
A3	67,0	6,0	27,0	4,6	5,0	20,0	2,0	0,5	4,1	1,40
A4	67,0	6,0	27,0	4,4	7,0	26,0	1,0	0,2	2,8	1,38
A5	53,0	8,0	39,0	4,9	36,0	32,0	3,0	1,0	3,8	1,51
A6	60,0	9,0	31,0	4,7	7,0	20,0	1,5	0,5	3,1	1,54
A7	60,0	9,0	31,0	3,9	2,0	20,0	0,4	0,2	3,4	1,51
A8	60,0	9,0	31,0	4,0	2,0	36,0	0,5	0,1	3,8	1,56
A9	51,0	7,0	42,0	4,2	2,0	30,0	0,8	0,2	2,9	1,53
A10	58,0	8,0	34,0	3,9	4,0	22,0	0,4	0,1	2,8	1,53
A11	60,0	9,0	31,0	4,0	8,0	22,0	0,7	0,2	4,4	1,56
A12	77,0	6,0	17,0	5,2	22,0	24,0	2,3	0,7	2,0	1,67

(conclusão)

SAF	Granulometria			Fertilidade						Densidade
	Areia	Silte	Argila	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	
	..... %	.....	.....	CaCl ₂	.... mg/dm ³ ...	.....	.....	cmolc/dm ³ .....	.....	g/cm ³
Profundidade 20 – 30 cm										
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	53,0	8,0	39,0	4,1	8,0	20,0	1,0	0,2	4,1	1,56
A3	60,0	9,0	31,0	4,4	7,0	22,0	1,1	0,4	3,7	1,54
A4	58,0	8,0	34,0	4,0	1,4	20,0	0,5	0,2	2,8	1,56
A5	53,0	8,0	39,0	4,6	20,0	20,0	1,7	0,5	3,2	1,53
A6	60,0	9,0	31,0	4,6	3,0	22,0	1,3	0,5	2,6	1,63
A7	58,0	8,0	34,0	4,0	2,0	22,0	0,2	0,1	3,6	1,77
A8	53,0	8,0	39,0	4,2	2,0	20,0	0,4	0,1	3,8	1,57
A9	53,0	8,0	39,0	4,1	1,2	20,0	0,6	0,2	2,8	1,62
A10	53,0	8,0	39,0	3,9	6,0	20,0	0,3	0,2	3,5	1,78
A11	60,0	9,0	31,0	3,9	1,2	20,0	0,5	0,2	4,2	1,69
A12	74,0	6,0	20,0	4,9	22,0	20,0	1,6	0,5	1,8	1,69

4.2.2 Entrevista

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com questões abertas para captar informações específicas dos SAFs e dos produtores (APÊNDICE D). Foram abordadas perguntas sobre a) o perfil socioeconômico dos agricultores; b) as características do SAF c) a produtividade e rentabilidade do SAF e d) a percepção do agricultor sobre os benefícios gerais dos SAFs, nessa seção fez-se a pergunta aberta: “*Quais os benefícios sociais, ambientais ou econômicos percebidos nos SAFs?*”. De forma geral, as entrevistas ocorreram após o trabalho de campo e o tempo gasto em média, por produtor, foi 40 minutos.

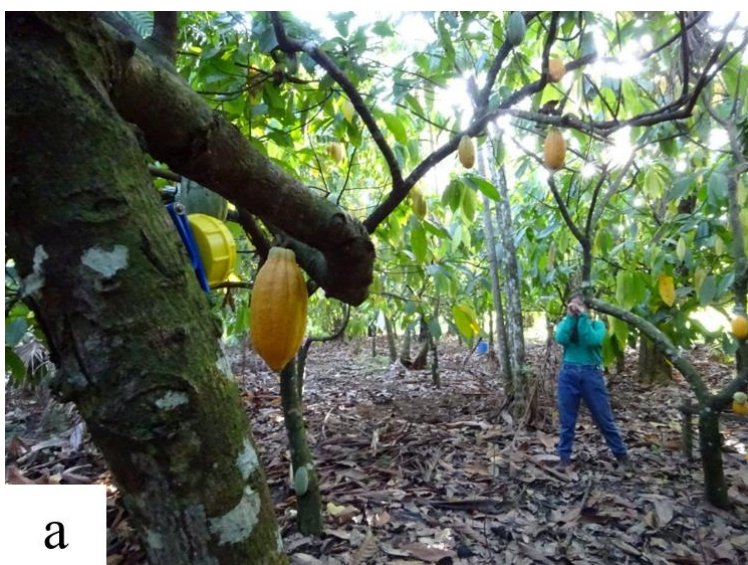
Antes de realizar a entrevista foi solicitado ao agricultor a assinatura do termo de consentimento, contendo informações sobre a pesquisa e a garantia do uso dos dados somente para esse fim. Também foi solicitada a permissão para gravar o áudio da entrevista para facilitar

a análise posterior do conteúdo (APÊNDICE F). Além disso, a fim de garantir a proteção das informações do patrimônio genético e do conhecimento tradicional, realizou-se o cadastro do projeto de pesquisa na plataforma do Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen; APÊNDICE E).

4.2.3 Inventário agroflorestal

Todos os indivíduos das parcelas com altura superior a 1,30 m e diâmetro mínimo de 5 cm foram mensurados e identificados botanicamente, até o nível de espécie. Foi medida a circunferência à altura do peito (CAP), a 1,30 m do solo com uso de fita métrica, e a altura total dos indivíduos, com o hipsômetro Vertex IV (Figura 3). A altura das palmeiras foi medida da base até o início do lançamento da flecha de cada estipe.

Figura 3- Inventário agroflorestal em Tomé-Açu, Pará. Em que: a) medição da altura com o uso do hipsômetro Vertex IV; b) medição da circunferência à altura do peito (CAP) com fita métrica.



4.3 Benefícios dos SAFs avaliados

Os benefícios de “Mitigação das mudanças climáticas”, “Conservação da biodiversidade” e “Geração de renda”, foram avaliados com base nos indicadores representados na Tabela 3. Todos os dados do inventário – cálculo da biomassa e fitossociologia – e as

análises estatísticas foram realizadas no ambiente computacional R 4.2.2 (R CORE TEAM, 2022).

Tabela 3- Descrição dos indicadores correspondentes aos benefícios e os métodos de coleta que serão utilizados.

Benefício	Indicador	Método de coleta de dados
Mitigação das mudanças climáticas	Estoque de carbono da biomassa aérea	Inventário florestal
Conservação da biodiversidade	Índice de Shannon-Wiener	Inventário florestal
Geração de renda	Renda bruta anual de 2021	Entrevista

Fonte: Elaborado pela autora

4.3.1 Estoque de carbono da biomassa aérea

A biomassa aérea foi calculada de forma indireta, por meio de equações alométricas específicas para as espécies comerciais principais e de equações genéricas, para as espécies florestais e para as quais não foram encontradas equações (Tabela 4). O cálculo da biomassa aérea foi realizado por meio do pacote “BIOMASS”. Os valores de biomassa foram multiplicados pelo fator de forma 0,5 para obter os resultados do estoque de carbono, como indica o relatório do IPCC (2001).

Tabela 4- Equações alométricas utilizadas para o cálculo da biomassa aérea de sistemas agroflorestais de Tomé-Açu. Diâmetro à altura do peito (DAP); Altura (h); Densidade da madeira (DM).

Componentes	Equação	Referência
<i>Theobroma cacao</i> L.	PS = $3,3973 \times \text{DAP} - 4,8961$	Brancher (2010)
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum.)	PS = $4,1194 \times \text{DAP} - 5,7818$	Brancher (2010)
<i>Musa</i> spp.	PS = $0,3381 \times \exp(0,1928 \times \text{DAP}) \times 0,8329$	Brancher (2010)
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	PS = $0,1839 \times h^{0,766}$	Khasanah, van Noordwij e Ningsih (2015)
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	PS= $\exp(-0,0470+0,0750 \times \text{DAP})$ (estipes) BS= $\exp(-0,0550+0,0451 \times \text{DAP})$ (folhas)	Bartelt, Koch e Tourinho (2000)
Outras espécies	PS = $(0,0673 \times (\text{DM} \times h \times \text{DAP}^2)^{0,976}) / 1000$	Chaves et al. (2014)

4.3.2 Diversidade de espécies

A diversidade de espécies de plantas nos SAFs foi avaliada por meio do Índice de Shannon-Wiener (H'), calculada por meio da fórmula:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln(p_i) \quad (1)$$

H' = Índice de Shannon-Wiener

p_i = Proporção de indivíduos da i -ésima espécie;

\ln = Logaritmo de base neperiano (e).

Ademais, foram avaliados os parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR) e Índice de Valor de Importância (IVI), para caracterizar a estrutura da vegetação de cada sistema. Para isso, utilizou-se a função “fitoR” no ambiente R.

4.3.3 Renda bruta

A geração de renda correspondeu ao valor total da renda bruta dos SAFs. Para estimar a renda, consideraram-se as informações sobre a produção por hectare das espécies comercializadas dos SAFs e os valores de venda local, informados pelos produtores. As espécies madeireiras não foram incluídas no cálculo.

4.4 Pontuação dos benefícios

A fim de avaliar o desempenho dos SAFs na geração de benefícios climáticos, de conservação e geração de renda, foram atribuídas pontuações para cada sistema, de acordo com Tchora e Cherubini (2020). Os SAFs foram ranqueados de acordo com o somatório final das pontuações de cada benefício para avaliar e comparar o desempenho de cada sistema dentro o universo amostral.

A pontuação dos benefícios foi calculada por meio da ponderação dos valores de cada área, em que foi realizado a divisão do valor de cada indicador pelo valor máximo quantificado no universo amostral (APÊNDICE G). Dessa forma, a pontuação variou entre 0 e 1, sendo 0 a pontuação mais baixa e 1 a pontuação mais alta, para fins de comparação entre os SAFs. Após a pontuação de cada benefício foi realizado o somatório para a obtenção do resultado final de cada SAF, que variou entre 0 e 3, visto que foram avaliados três benefícios.

4.5 Análise estatística

Para a análise estatística, cada parcela foi analisada de forma individual. Foram avaliados a influência da “riqueza de plantas” e das demais variáveis sobre os benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda, por meio da Análise de Regressão Linear. Primeiramente, para a seleção das variáveis a serem analisadas no modelo de regressão, utilizou-se o método de Análise de Componentes Principais (PCA). Os componentes principais foram extraídos e organizados de forma hierárquica de acordo com a sua capacidade em descrever a variância dos dados. Para a seleção das variáveis para os modelos, foi avaliado a correlação entre elas excluindo-se as redundantes. Foram utilizados os Pacotes “FactoMiner” e “factoextra” (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008; KASSAMBARA; MUNDT, 2020).

As variáveis selecionadas pela PCA foram utilizadas nos modelos de regressão, a fim de compreender a influência da riqueza e das demais variáveis nos indicadores estoque de

carbono da biomassa, índice de diversidade de Shannon e renda bruta dos SAFs. Além das variáveis selecionadas, incluiu-se a variável categórica “Tipo de SAF”, com base nas principais espécies comerciais, para analisar o melhor modelo (Tabela 1). A seleção do modelo foi feita com base nos valores de Akaike Information Criteria (AIC; BURNHAM; ANDERSON, 2002).

A avaliação das premissas da regressão linear das variáveis ocorreu por meio de análise gráfica (Gráficos Quantil-Quantil) e teste de Shapiro-Wilk. A homoscedasticidade foi analisada pelos gráficos de resíduos e teste de Breusch-Pagan para verificar a independência e normalidade dos dados. As médias dos modelos foram comparadas pelo pacote *lmtest* ($p < 0,05$), assim como as médias dos valores de estoque de carbono nos componentes do SAFs.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Perfil dos agricultores

Todos os agricultores entrevistados são do sexo masculino, com idade entre 40 e 64 anos e a família, em média, é composta por 4 membros. Dentre os entrevistados três apresentaram o ensino superior completo, um com ensino técnico, dois com ensino médio completo e seis com ensino fundamental completo. Os produtores com ensino superior e técnico são formados na área de ciências agrárias. Apesar do nível de escolaridade não ser determinante para o sucesso do SAF, o domínio da leitura e escrita permite o produtor ter acesso a novas tecnologias e conhecimentos que podem contribuir para o manejo e gestão da sua área (POMPEU; KATO; ALMEIDA, 2017).

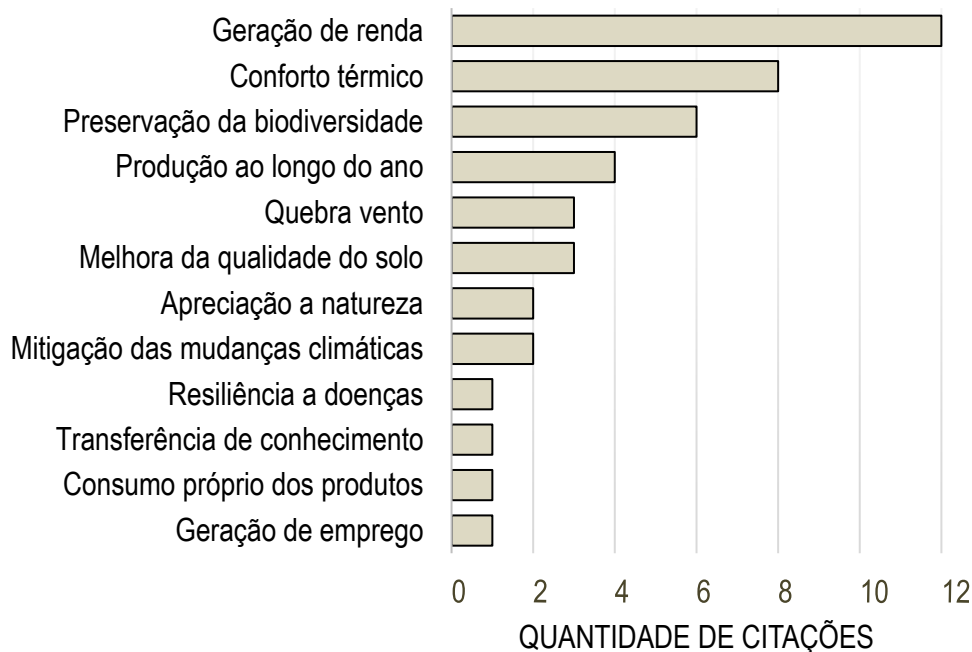
Cerca de 73% dos entrevistados fazem parte da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA); 27% não são cooperados. A CAMTA tem um papel importante como compradora dos produtos oriundos dos SAFs como também na assistência técnica de seus cooperados, com visitas técnicas periódicas às propriedades (CONCHA; DENICH, 2014). Além da cooperativa, os agricultores também são assistidos por outros órgãos, como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), Secretaria de Municipal de Agricultura de Tomé-açu (SEMAGRI) e a Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira (CEPLAC). A assistência técnica é fundamental no sucesso do sistema agroflorestal, principalmente por se tratar de um modelo de agricultura complexa, com diversas espécies interagindo em um único ambiente, torna-se fundamental a presença de técnicos e extensionistas para o direcionamento e acompanhamento, principalmente, dos agricultores que estão na transição para o SAF (SCHEMBERGUE et al., 2017).

A maioria dos agricultores entrevistados são experientes na prática de SAFs, em média iniciaram a prática desse modelo de produção há 23 anos – o produtor mais antigo iniciou em 1978 e o mais recente em 2015. A tradição do cultivo em SAF no município de Tomé-Açu é passado de geração em geração dentro das famílias e também por meio da transferência de tecnologia socioambiental para os agricultores locais, que aderem essa forma de produção a partir da observação de exemplos de sucesso e das experiências compartilhadas (CASTRO; FUTEMMA, 2021).

5.2 Percepção dos agricultores sobre os SAFs

Quanto à percepção dos agricultores sobre os benefícios gerais dos SAFs, as respostas incluíram questões econômicas e serviços ambientais de regulação, suporte e cultural (Figura 4).

Figura 4- Quantidade de citações realizadas pelos agricultores entrevistados em relação a um dado benefício dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, PA.



A “geração de renda” foi o benefício citado por todos os entrevistados. A produção agrícola advinda dos SAFs, em geral, tem por finalidade a comercialização para a CAMTA ou para atravessadores, e também pode ser destinada para o autoconsumo do produtor. Os modelos de SAFs praticados em Tomé-Açu, de forma geral, apresentam importância econômica e são a principal fonte de renda de 91,6% dos entrevistados. Quanto a satisfação econômica em relação aos SAFs, 83% afirmaram estar “muito satisfeitos” ou “satisfeitos” com o retorno econômico dos sistemas. A presença de diferentes espécies, com safras em períodos diversos, permite o retorno financeiro de forma escalonada ao longo do ano, redução de riscos de investimento em um único produto e contribui para a segurança alimentar do produtor (SILVA, 2013).

“Para mim o SAF é como uma poupança, ele supre as minhas necessidades de agora e ainda vai ficar para as gerações futuras.” (SAF A9, não cooperado, 54 anos, ensino fundamental)

“Tem produção durante o ano todo. Quando acaba a safra de um já tem outra espécie produzindo.” (SAF A11, cooperado, 53 anos, ensino fundamental)

Diversos serviços ambientais também foram citados, como o conforto térmico, preservação da biodiversidade, quebra vento, melhora da qualidade do solo e apreciação da natureza (Figura 4). Muitos agricultores relataram sobre o retorno da fauna silvestre às áreas, em especial pássaros e pequenos mamíferos, e a importância desse serviço para o bem-estar de suas famílias. Esse serviço ambiental, de conservação da biodiversidade, também foi percebido pelos agricultores de Tomé-Açu no trabalho de Pompeu, Kato e Almeida (2017).

“O SAF demora para crescer, mas quando vira uma floresta é bonito. Diferente de uma área descampada. Além disso, o único lugar aqui do terreno que os pássaros visitam é o SAF, eu gosto de apreciá-los.”
(SAF A7, cooperado CAMTA, 50 anos, ensino médio)

A apreciação da natureza é um benefício imaterial e pode ser classificado como serviço cultural. O contato do ser humano com o ambiente natural proporciona a paz espiritual, relaxamento e a apreciação da beleza estética, e como consequência proporciona o bem-estar e a qualidade de vida (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Dessa forma, esses benefícios intangíveis tem uma importante função na conservação da biodiversidade e dos ecossistemas, ao serem um incentivo a mais para continuidade da prática de SAF pelos produtores rurais (GUO; ZHANG; LI, 2010).

Os SAFs podem desempenhar a função de zonas de amortecimento da biodiversidade nativa, ou seja, reduz os impactos negativos acarretados aos ecossistemas naturais (GALVÃO; FRANCISCO; SCHLINDWEIN, 2018; GOODALE et al., 2014). A diversificação do sistema com frutíferas e espécies lenhosas fornecem aos animais alimento e habitat, além de funcionarem como corredores ecológicos, permitindo a transição de espécies entre paisagens fragmentadas (BHAGWAT et al., 2008). Os produtores citaram a presença de diversas espécies transitando no SAF, a exemplo de animais como *Sapajus nigritus* spp. (macaco prego), *Mazama americana* (veado), *Nasua nasua* (cutias), *Dasipodidae* spp. (tatu), *Leopardus wiedii* (gato maracajá), *Psittacidae* spp. (papagaio e arara), etc. Portanto, essa presença de animais nos SAFs pode indicar o maior equilíbrio ambiental e a importância desses sistemas para a conservação da biodiversidade.

A melhoria da qualidade do solo e o conforto térmico são serviços de regulação, ou seja, são importantes para a manutenção e estabilidade dos processos ecossistêmicos. Nos SAFs a deposição de matéria orgânica, por meio da liteira, aumenta a qualidade do solo, a

disponibilidade de nutrientes às plantas e melhora a biota do solo (DOLLINGER; JOSE, 2018). O conforto térmico é um benefício facilmente percebido pelos produtores, sendo citado por 66% deles nesse estudo. Esse serviço ambiental proporcionado pelas plantas, está relacionado à amenização da temperatura do ar por meio do sombreamento e da evapotranspiração (SHAHMOHAMADI et al., 2011). Portanto, o conforto térmico gerado pelos SAFs, influencia no bem-estar do agricultor durante o trabalho (CARVALHO et al., 2021; LIU et al., 2019).

“Dentro do SAF é muito bom de trabalhar. Lá eu posso trabalhar a tarde toda e, às vezes, eu nem suco. Quando trabalho na roça de mandioca, eu não aguento o calor.” (SAF A11, cooperado, 53, ensino fundamental)

5.3 Diversidade de plantas nos SAFs

Nas doze áreas foram quantificados 1090 indivíduos e identificadas 34 espécies, entre palmeiras e arbóreas, distribuídas em 16 famílias. A riqueza (S) por sistema variou entre 3 a 11 espécies e o índice de diversidade de Shannon (H') entre 0,55 e 1,77 (Tabela 5), com médias de 7 (S) e 1,1 (H'), respectivamente. Esses valores médios estão próximos aos encontrados nos SAFs de cacau na região da Amazônia boliviana (S=10,8 ±2,9; H'=1,5±0,07; CARDOZO et al., 2018), porém, como esperado para os sistemas plantados, foram abaixo dos valores encontrados nos SAFs de cacau com espécies da regeneração natural em São Félix do Xingú, Pará (S=57; H'= 3,18; BRAGA; DOMENE; GANDARA, 2019) e da floresta sucessional da região de Tomé-Açu com idade de 10 anos (S=189; H'= 4,21; RODRIGUES; SCHWARTZ; ALMEIDA, 2012).

Tabela 5- Riqueza de espécies e indicadores de biodiversidade de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.

SAF	Área basal total (m ² ha ⁻¹)	Densidade total (ind ha ⁻¹)	Riqueza (S)	Índice de Shannon (H')
A1	54,42	944,4	8	1,26
A2	47,16	744,4	11	1,77
A3	61,23	1111,1	8	1,45
A4	15,16	577,8	5	0,83
A5	23,50	1200,0	6	0,98
A6	23,41	800,0	3	0,59
A7	29,45	1344,4	7	1,49
A8	19,24	1266,7	10	1,63
A9	21,29	1566,7	10	0,94
A10	27,5	966,7	5	0,55
A11	16,58	800,0	4	1
A12	25,59	1133,3	7	0,94

A maior diversidade foi encontrada no SAF A2 (H'=1,77), correspondente a uma das unidades amostrais do projeto de pesquisa SAF Dendê, que foi planejada para ser um sistema com alta diversidade de plantas, principalmente, de espécies nativas em interação com o dendê. O SAF-A10, composto por cinco espécies – *T. grandiflorum*, *E. oleracea*, *C. guianensis*, *P. insignis*, *S. lutea* – teve o menor índice de diversidade (H'= 0,55), apesar de ter a riqueza superior a outros sistemas (SAF-A6 e A11), isso ocorreu pois o H' é uma variável dependente, não somente da riqueza de plantas, mas também da proporção de indivíduos de cada espécies (HAIRSTON, 1959).

A densidade total de indivíduos variou entre 577,8 no SAF-A4 e 1566,7 ind ha⁻¹ no SAF-A9, com média de 1037,9 ind ha⁻¹. A área basal total média foi 30,37 m² ha⁻¹, com variação entre 16,58 e 61,23 m² ha⁻¹. Os maiores valores de área basal total foram encontrados nos SAF-

A1, SAF-A2 e SAF-A3, o qual podem ser explicados pela presença do dendezeiro, que apresentou os maiores valores de área basal entre os sistemas analisados (APÊNDICE A).

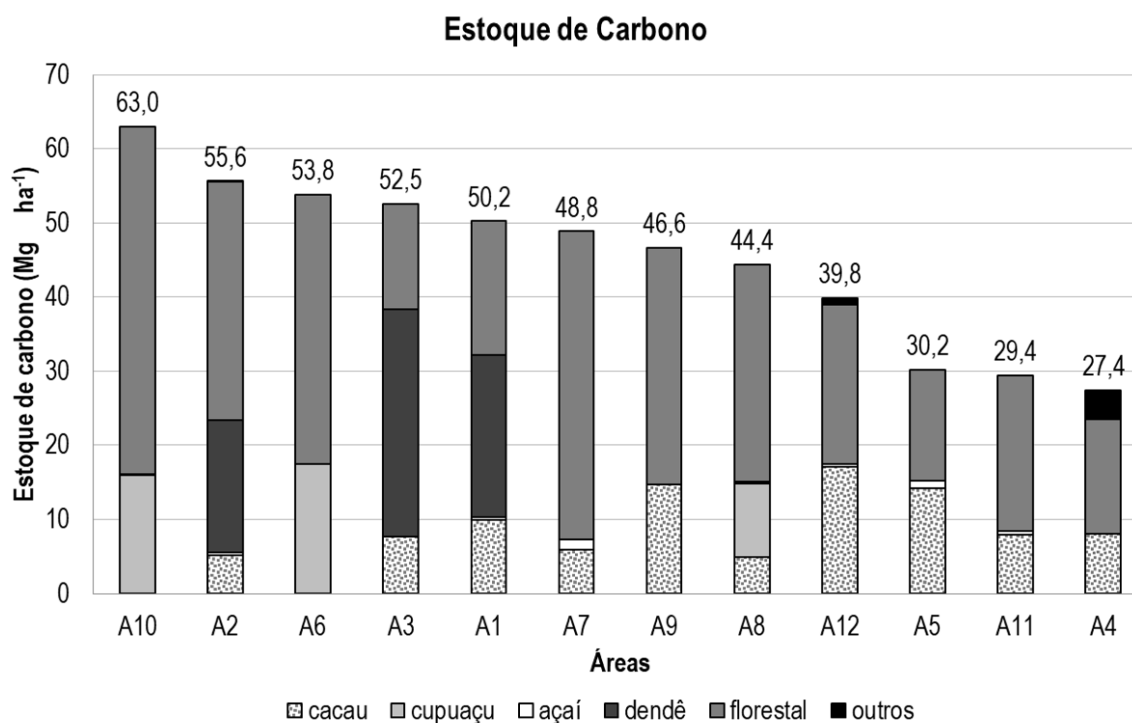
As espécies com maiores densidades de indivíduos nos sistemas foram *T. cacao* (cacau, N= 542), que representa 49,7% do total de plantas, seguido de *T. grandiflorum* (cupuaçu, N= 175, 15,9%), *E. oleracea* (açai, N= 146, 13,4%) e *S. macrophylla* (mogno brasileiro, N= 50, 4,6%). Essas espécies frutíferas são comumente encontradas nos SAFs da região e se destacam pelo alto valor de mercado, importância para a segurança alimentar e o ciclo longo de produção (MATA et al., 2021; BOLFE; BATISTELLA, 2011).

Quanto às espécies florestais, pode-se dizer que os SAFs analisados desempenham importante função na conservação da flora nativa pela manutenção de espécies como *V. surinamensis*, *S. macrophylla* e *B. excelsa*, classificadas como “ameaçadas” na lista vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN). Ademais, em alguns SAFs foram identificadas espécies da regeneração natural, como a *L. lurida* e *H. sucuuba*, que tiveram o seu desenvolvimento, possivelmente, facilitado por meio da redução da intensidade de manejo no sistema (KOELEMEIJER et al., 2021).

5.4 Estoque de carbono nos SAFs

A média de estoque carbono da biomassa aérea nos SAFs estudados foi de 45,2 Mg ha⁻¹, com variação entre 27,4 e 63,0 Mg ha⁻¹ (Figura 5), esses valores estão compatíveis com o de outros SAFs na região amazônica. Em SAFs do estado do Pará e Maranhão, com idade entre 10 e 29 anos, a média foi de 40,05 Mg ha⁻¹ (CARDOZO et al., 2022) e em estudo realizado em SAFs de Tomé-Açu a média do estoque de carbono foi de 43,21 Mg ha⁻¹ (BOLFE; BATISTELLA; FERREIRA, 2012). Nas florestas sucessionais da Amazônia oriental, de idade semelhante aos sistemas analisados nesse estudo, o estoque foi de 34,9 Mg ha⁻¹, ou seja, abaixo da média dos SAFs da região de Tomé-Açu, esse resultado pode ser explicado pela densidade elevada de espécies arbustivas na fase inicial na floresta sucessional, que acumulam menores quantidades de carbono quando comparado às espécies florestais dos SAFs (CARDOZO et al., 2022). Portanto, os autores ressaltam a importância dos SAFs em estocar carbono de forma mais rápida que as florestas sucessionais em fase inicial.

Figura 5 - Estoque de carbono da biomassa aérea por componente de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.



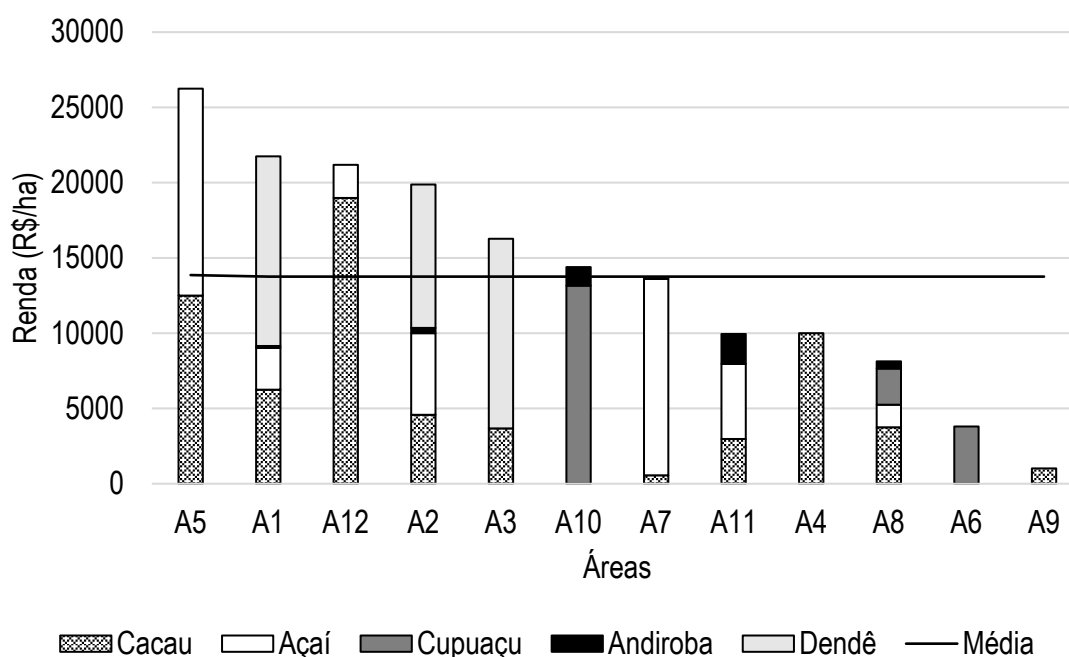
Os valores de carbono estocado nos componentes cacau, cupuaçu, açai, dendê e outros foram similares estatisticamente, porém diferiram significativamente do estoque de carbono encontrado no componente florestal ($gl=2$; $\chi^2=71,7$; $p=1,834e^{-13}$). Apesar da maior densidade de indivíduos de espécies comerciais principais, as árvores, devido ao seu elevado porte, conseguem acumular maiores quantidade de carbono em comparação com as demais plantas, como arbustos e palmeiras (STEPHENSON et al., 2014).

Os SAF-A9, SAF-A2, SAF-A6, SAF-A3 e SAF-A1 que apresentaram os maiores valores de carbono na biomassa aérea, têm em comum o cupuaçu ou dendê como espécie principal. O SAF-A4 teve o menor estoque de carbono (27,4 Mg ha⁻¹), apesar de ser um dos sistemas mais antigos analisados no estudo; esse valor baixo pode ser explicado pela baixa densidade total de indivíduos (577,8 ind ha⁻¹) quando comparado com as outras áreas (Figura 5). Não obstante, o estoque de carbono no SAF-A4 supera o de monocultivos de cacau (5,7 Mg ha⁻¹) no Equador (JADÁN et al., 2015). Esses resultados ratificam a capacidade do SAF em contribuir com a mitigação das mudanças climáticas (SCHROTH et al., 2015).

5.5 Geração de renda

O valor médio da renda bruta anual advindo da venda desses produtores foi de R\$13.758,53/ha e variou entre R\$1.687,50 e R\$26.250,00/ha (Figura 6). Em salários mínimos, com o valor atual de R\$1302,00 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2023), tem-se que em média são gerados 10,5 salários mínimos por hectare de SAF. Em quintais agroflorestais da região amazônica a rendas variou entre 6 e 7 salários mínimos por hectare ano e em SAFs comerciais empresariais, em média são gerados 12,5 salários mínimos por hectare ano (CARDOZO et al., 2015).

Figura 6- Renda bruta dos componentes de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.



Apesar da diversidade de espécies nos SAFs estudados, apenas cinco espécies tem a produção comercializada, sendo eles a amêndoa seca de cacau; fruto in natura de açaí e cupuaçu para produção de polpa de suco; a andiroba e o dendê para extração de óleo. As frutas são destinadas para a CAMTA, no caso dos cooperados, e para atravessadores, no caso dos não cooperados. O dendê, por sua vez, é comercializado para agroindústrias de extração de óleo instalados na região do nordeste paraense.

A diversidade de espécies nos sistemas agrícolas tem importância na redução da vulnerabilidade de mercado e na segurança alimentar dos agricultores (MBOW et al., 2014;

SHARMA et al., 2016). Em uma situação hipotética, SAFs com uma ou duas espécies geradoras de rendas, a exemplo dos SAFs A5, A7, A6 e A9, podem ser impactados negativamente de forma drástica caso uma espécie seja afetada em nível de dano econômico por pragas ou doenças. Entretanto, no caso do SAF-A9, mesmo com a menor renda dentre os SAFs, advinda somente da produção de cacau, a diversificação da área com espécies como *P. americana*, *M. indica* e *N. lappaceum* que são alimentos consumidos pela família, assim como a *E. oleraceae*, podem gerar uma renda indireta ao produtor e a segurança alimentar.

Os SAFs A5, A1, A12, A2, A3 e A10 apresentaram valores de renda acima da média encontrada nesse estudo. Nos sistemas empresariais de Tomé-Açu, apesar dos ganhos elevados com a venda dos produtos, os custos para produção são altos, o que pode influenciar na redução da renda líquida do produtor. Apesar disso, os SAFs continuam sendo uma alternativa economicamente interessante para os produtores locais, principalmente pela eficiência da produção por área (CARDOZO et al., 2015).

Nos sistemas com dendê (SAFs A1, A2 e A3), a palmeira elevou consideravelmente a renda bruta dos SAFs, ao contribuir com 58, 48 e 78% da renda total, respectivamente, apesar da baixa densidade de indivíduos, com média de 69 ind ha⁻¹, nas áreas, em comparação com as outras espécies principais. Esse resultado está relacionado a alta produtividade por planta de dendê registrada nesses SAFs, que foi superior ao de monocultivo de dendezeiro. Além disso, houve a valorização do preço da tonelada de R\$250,00 do fruto fresco/ton no ano de 2018 para R\$930,00/ton no ano de 2022 (AGROPALMA, 2022).

Em pesquisas futuras, sugere-se o estudo mais detalhado sobre o retorno econômico dos SAFs com dendê, para verificar a real contribuição da inserção da espécie em sistemas diversificados, com análises de ganhos líquidos, e a comparação com outros tipos de SAFs.

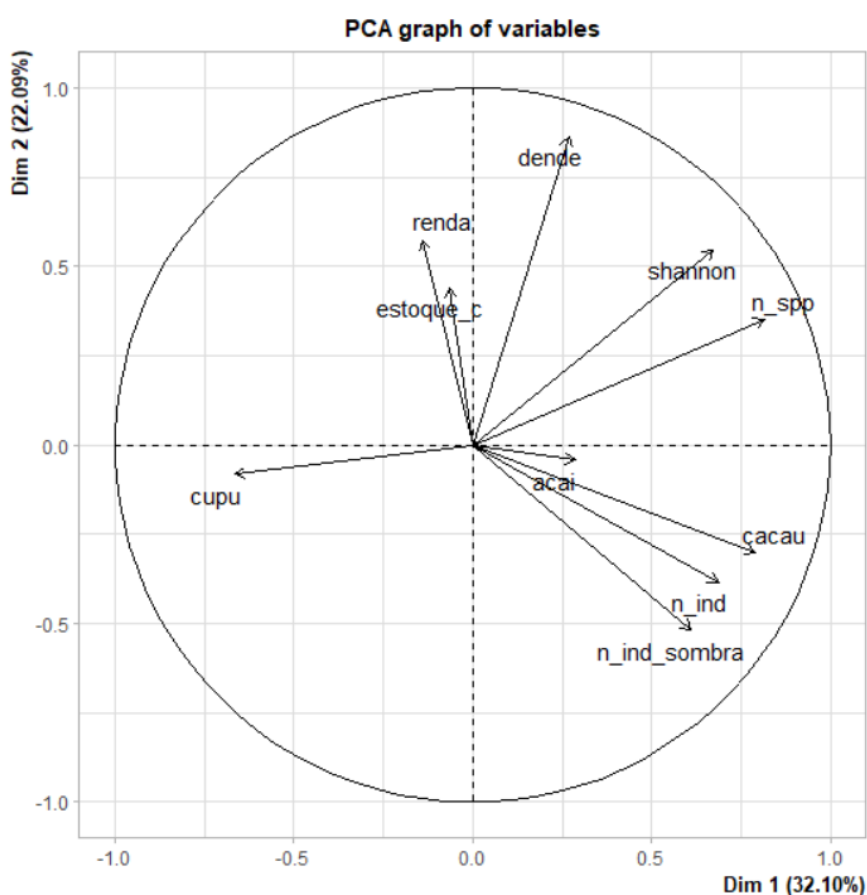
5.6 Quais variáveis influenciam na geração de benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda?

Nesse estudo não foi possível confirmar a influência da riqueza de plantas na geração de benefícios climático, conservação da biodiversidade e geração renda, portanto, a hipótese da pesquisa foi refutada. Provavelmente porque houve pouca variação entre os níveis de riqueza nos SAFs. Entretanto, outras variáveis influenciaram nos benefícios dos SAFs analisados (APÊNDICE B).

5.6.1 PCA

Os primeiros dois eixos da PCA responderam a 54,19% do total da variância dos dados (Figura 7). As variáveis densidade de dendê, índice de Shannon, riqueza de espécies correlacionaram positivamente, bem como a densidade de cacau, número de indivíduos (n_ind) e número de indivíduos de sombra (n_ind_sombra). A análise também mostrou uma correlação negativa entre diversidade de espécies e densidade de cupuaçu.

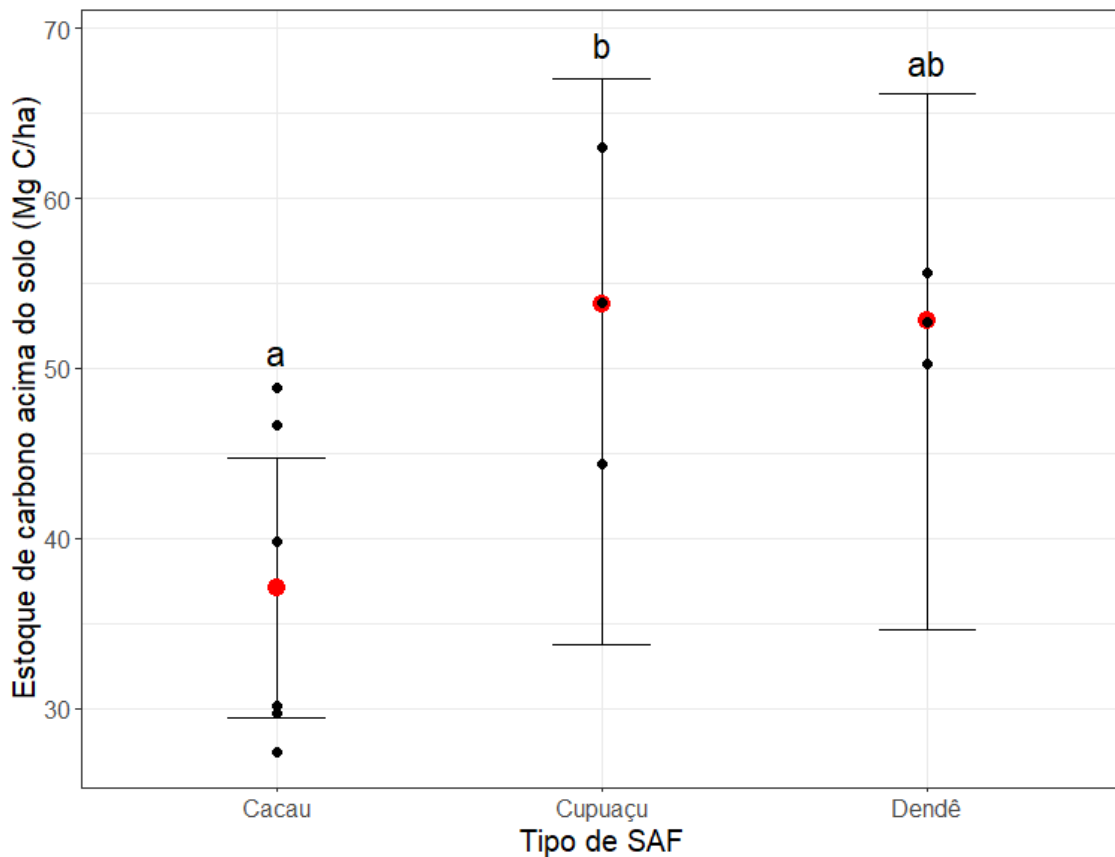
Figura 7- Resultado da análise de PCA das variáveis de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará. Em que: cupu = densidade de cupuaçu; renda = renda bruta; estoque_c = estoque de carbono; dendê = densidade de dendê; shannon = índice de Shannon; n_spp = número de espécies; acai = densidade de açaí; cacau = densidade de cacau; n_ind = número de indivíduos; n_ind_sombra = número de indivíduos de sombra.



5.6.2 Modelos de regressão

O modelo selecionado para a mitigação das mudanças climáticas foi a variável categórica “Tipo de SAF” que influenciou significativamente o estoque de carbono dos SAFs ($gl=2$; $\chi^2=9,844$; $p=0,007$). O estoque de carbono no tipo de SAF de dendê não diferiu significativamente do estoque dos tipos de SAFs de cacau e cupuaçu ($p=0,0586$), entretanto houve diferença significativa do estoque de carbono dos SAFs de cacau e cupuaçu (Figura 8).

Figura 8- Estoque de carbono acima do solo por tipo de sistema agroflorestal, Tomé-açu, Pará.



O maior estoque de carbono no tipo de SAF de cupuaçu não era esperado, uma vez que a riqueza de espécies nesses sistemas foi menor do que nos SAFs de cacau. A riqueza pode contribuir para o efeito positivo no estoque de carbono na biomassa dos SAFs, pois há a ocupação de diferentes estratos verticais, em função da variação das alturas das espécies, que resulta no maior aproveitamento de recursos e da luz (CARDOZO et al., 2018). Esse resultado também foi percebido nas florestas sucessionais subtropicais do Brasil, em que a relação significativa entre biodiversidade e estoque de carbono não ocorreu (BORDIN et al., 2023).

Portanto, outros fatores podem ter influenciado nesse maior estoque no SAF de cupuaçu, a exemplo da estrutura da copa do cupuaçuzeiro que é maior do que a do cacauzeiro, o que deve refletir na biomassa no sistema. Além disso, o cupuaçuzeiro necessita de mais sol do que o cacauzeiro para produzir (Rafael Alves¹, informação verbal), portanto o manejo e a redução da densidade de indivíduos para entrada da luminosidade no sistema podem ter favorecido a menor

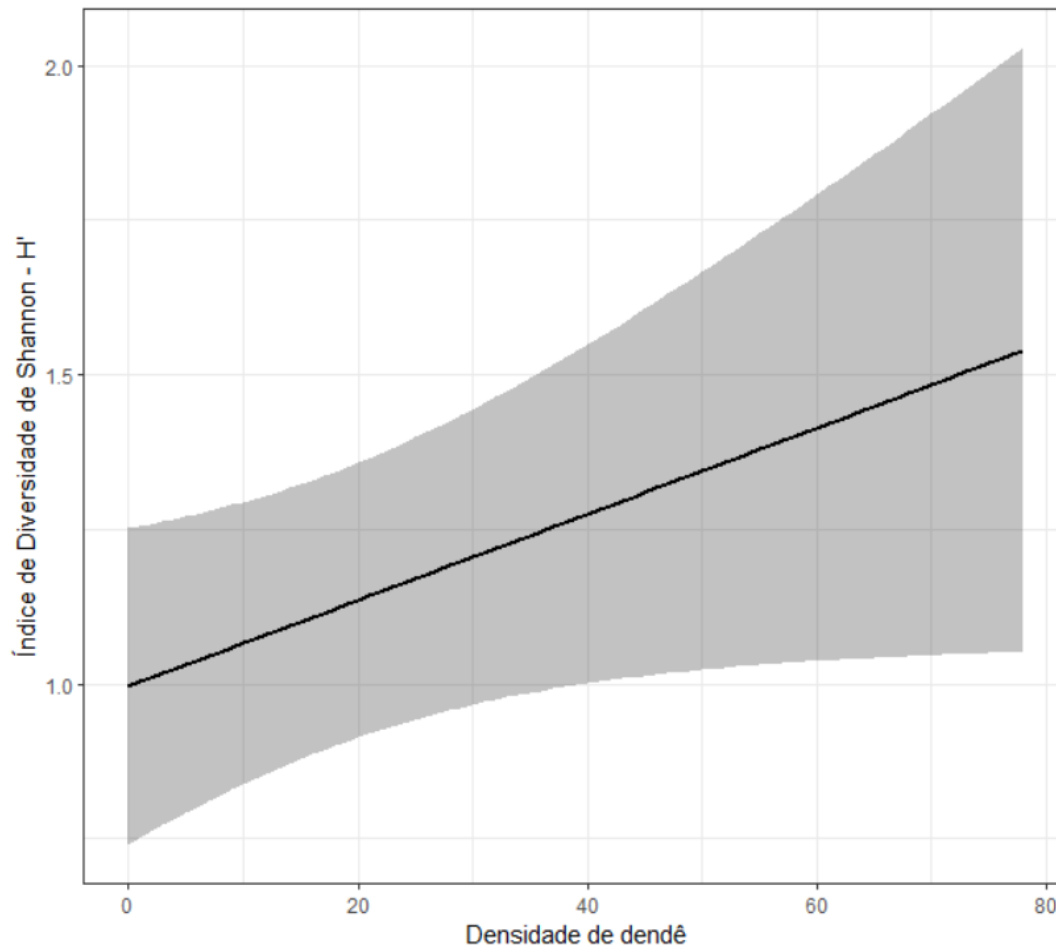
¹ Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

competição por recursos, e o conseqüente aumento da biomassa, principalmente, das espécies florestais

Ademais, fatores específicos de cada SAF podem ter contribuído para o melhor desempenho dos SAFs de cupuaçu para o estoque de carbono. Por exemplo, o SAF A10, composto em grande parte por cupuaçu e andiroba, a presença de um indivíduo de grande porte de *S. mombias*, com DAP de 114,6 cm, contribuiu com 4,5 Mg ha⁻¹ na biomassa no sistema. A importância de indivíduos com dimensões grandes nos SAFs contribui com o acúmulo de biomassa, mesmo em sistemas com baixa densidade de plantas (SCHROTH et al., 2015). Entretanto, para a confirmação do resultado de que o tipo de SAF de cupuaçu acumula mais carbono do que o SAF de cacau seria necessária uma amostragem maior, principalmente, de SAFs de cupuaçu.

O modelo selecionado para a conservação da diversidade foi a “Densidade de dendê” que influenciou significativamente e de forma positiva o índice de Shannon ($gl=2$; $F=4,627$; $p=0,05697$; Figura 9). O coeficiente de determinação do modelo explicou 24,8%. Para a avaliação desse modelo a variável riqueza de plantas (“Nº espécies”) não foi incluída na análise, visto que ela faz parte do cálculo do Índice de Shannon.

Figura 9 - Efeito da densidade de dendê (ind ha^{-1}) sobre o Índice de Diversidade de Shannon (H') dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.



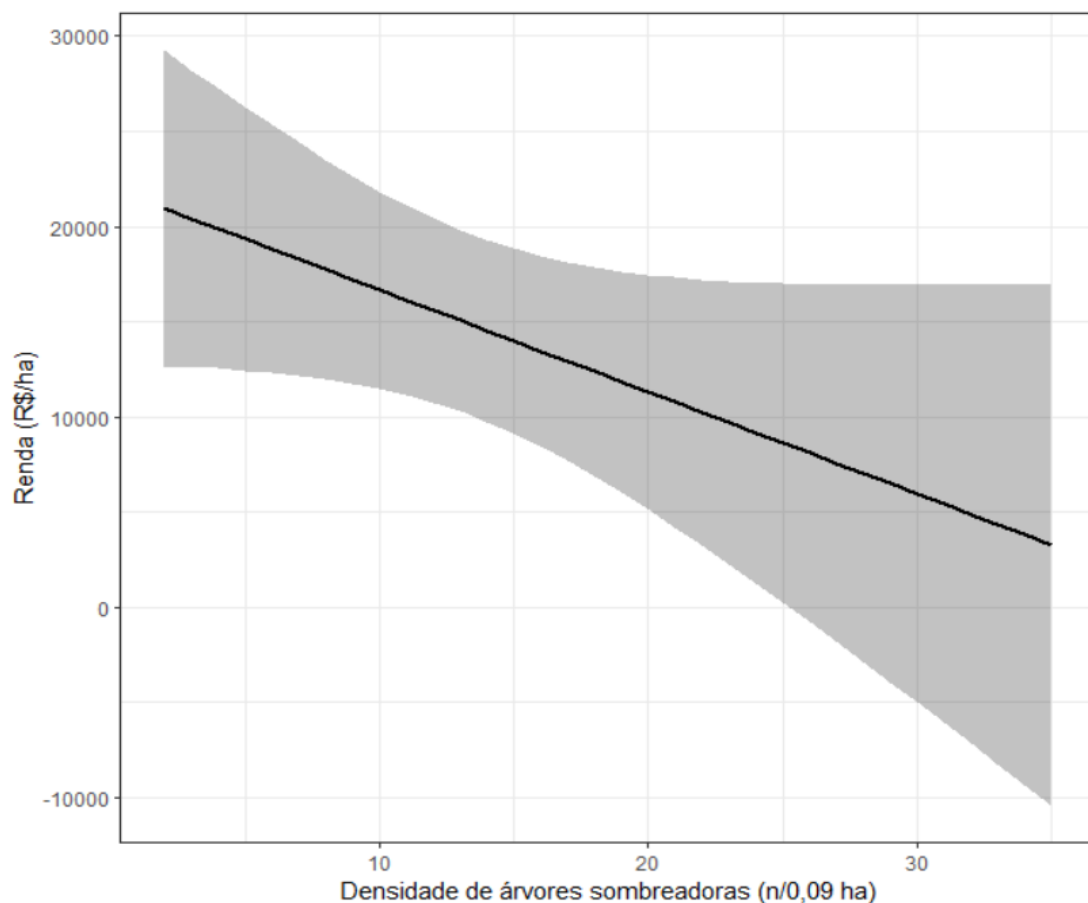
A influência positiva da densidade de dendê no índice de diversidade está relacionada à natureza dos SAFs com dendê analisados, que foram planejados para serem biodiversos. Portanto o aumento da diversidade nos SAFs não está associado meramente ao aumento da densidade de dendê, mas à riqueza dos sistemas com dendê que foram avaliados nesse estudo. Dessa forma, ressalta-se que o resultado da regressão linear, de que o aumento da densidade de dendê influencia positivamente o índice de Shannon, não expressa a realidade dos SAFs. Pois essa foi uma correlação percebida neste trabalho devido o universo amostral analisado.

Por outro lado, o desempenho positivo dos SAFs com dendê para o índice de Shannon, corrobora que mesmo em um ambiente diversificado o sistema consegue permanecer produtivo e viável nos aspectos sociais, ambientais e econômicos, como demonstrado nesse estudo. Assim, como uma alternativa ao monocultivo de dendê, por muito tempo considerado como uma atividade ambientalmente prejudicial (MEIJAARD et al., 2020), o plantio de dendê em SAF

demonstrou sustentabilidade em sua produção e pode ser implantado em outras regiões do globo. Resultados positivos de produção e serviços ambientais foram evidenciados com a diversificação em plantios de dendê na Índia (AHIRWAL et al., 2022) e na Indonésia (KHASANAH et al., 2020).

Para o modelo da geração de renda foi selecionada a variável “Densidade de árvores de sombreamento (árvores $0,09\text{ha}^{-1}$)”. O modelo analisado explicou somente 21,6%, ou seja, o coeficiente de determinação mostra que, nas condições do estudo, 78,4% da variação dos dados é explicada por outros fatores não avaliados, como manejo e variação dos preços. Ademais o baixo número de sistemas amostrados pode ter influenciado na dificuldade de correlação das variáveis. A densidade de árvores de sombreamento nos sistemas influenciou significativamente e de forma negativa a renda ($\text{R\$ ha}^{-1}$; $gl=1$; $F=4,067$; $p=0,043$), a cada indivíduo de sombra implantado no SAF reduz-se $\text{R\$ } 535,50$ da renda bruta gerada pelo sistema (Figura 10).

Figura 10- Efeito da densidade de árvores sombreadas (árvores $0,09\text{ha}^{-1}$) sobre a renda bruta de agricultores agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.



O aumento da densidade de árvores de sombreamento no sistema provavelmente aumenta a competição por recursos – como luz, água e nutrientes – e, portanto, deve reduzir a produção do sistema e, conseqüentemente, a renda (TSCHARNTKE et al., 2011). Essa relação negativa foi percebida também nos SAFs de cacau do Equador e do oeste africano (JADÁN et al., 2015; BLASER et al., 2018). Ademais, como consequência do maior número de árvores de sombreamento na área, ocorre também a redução do número de indivíduos das espécies com importância econômica - como cacau, açaí, cupuaçu e dendê. Apesar da importância das espécies de sombreamento na geração de diversos serviços ambientais, inclusive de provisão como madeira, óleos e frutos, os componentes principais tem a maior participação na renda do produtor. Portanto a diminuição do número de indivíduos dessas espécies pode comprometer o retorno econômico desejado.

As espécies principais dos SAFs estudados são tolerantes à sombra, em especial o cacau, que tem a sua produção anual comprometida somente se a cobertura ultrapassar 30% (BLASER et al., 2018). Portanto, práticas como a poda e desbaste das espécies arbóreas devem ser adotadas para reduzir o efeito do sombreamento excessivo nos SAFs.

Dessa forma, aliar o equilíbrio do número de árvores de sombreamento com o manejo agroflorestal é fundamental para se ter o retorno econômico eficiente. E mesmo com a redução da renda pelo sombreamento, esse efeito negativo pode ser compensado pelos benefícios que as árvores fornecem ao sistema, como a manutenção da produção ao longo dos anos e a maior adaptação do sistema às mudanças climáticas (BLASER-HART et al., 2021).

5.7 Quais SAFs apresentaram os melhores desempenhos na geração de benefícios climáticos, conservação da biodiversidade e geração de renda?

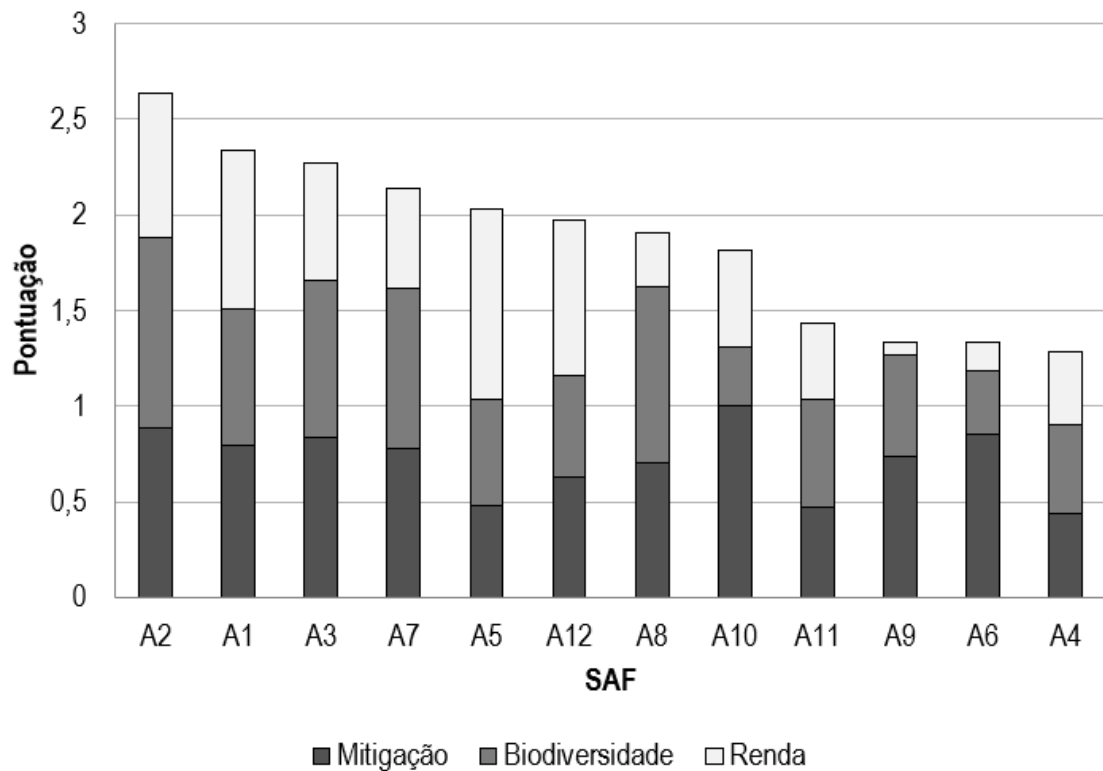
5.7.1 Pontuação dos benefícios

O SAF-A2 apresentou a melhor pontuação total, de 2,64 pontos, e pontuou de forma equilibrada em cada um dos benefícios avaliados (APÊNDICE C), com o estoque de carbono na biomassa aérea de 55,6 Mg ha⁻¹, índice de diversidade de 1,77 e renda bruta de R\$ 19.780,00 ha/ano. O SAF-A2, assim como o SAF-A1 e SAF-A3, respectivamente segundo e terceiro lugares na pontuação total, correspondem à SAFs implantados pelo projeto SAF Dendê. Provavelmente esses resultados se devem as características das áreas experimentais, cujo o dendê teve importante contribuição para a renda bruta e o estoque de carbono nos SAFs, além da diversidade de espécies implantadas nas áreas, o que elevou a pontuação dos benefícios

nesses sistemas. Ademais, outros fatores, como alto investimento em manejo, monitoramento, preparo de área e acompanhamento do desenvolvimento dos SAFs com dendê podem ter influenciado no melhor desempenho na geração dos benefícios ambientais e econômico. Portanto, a inclusão do dendê nos SAFs, caso manejado e planejado de forma eficiente, pode ser uma alternativa aos produtores para a diversificação da produção, principalmente, na região do nordeste paraense, de onde vem a maior produção da palma de óleo do país (IBGE, 2021).

Em geral, a maioria dos SAFs apresentou pontuações distribuídas de forma desuniforme em cada benefício (Figura 11). Os SAFs A8, A9 e A6 apresentaram pontuações baixas de renda, porém para a mitigação das mudanças climáticas suas pontuações tenderam a ser mais elevadas, assim como encontrado por Tschora e Cherubini et al. (2020).

Figura 11- Pontuação dos benefícios de sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.



Os SAFs A6 e A10, apesar de apresentarem os melhores desempenhos na mitigação das mudanças climáticas, não apresentaram pontuações altas para conservação da biodiversidade e geração de renda, causando pontuações totais não elevadas. Nesse sentido, esse desequilíbrio

entre os benefícios relacionados ao estoque de carbono e a geração de renda, são desafios enfrentados, principalmente, pelos projetos de créditos de carbono em SAFs. Pois, o aumento da densidade de árvores no sistema pode elevar o estoque de carbono, porém, concomitantemente, pode diminuir a produtividade dos SAFs, devido à fatores de competição por recursos (BLASER et al., 2018), o que pode reduzir o interesse do produtor na venda de créditos de carbono (MAHANTY; SUICH; LUCA TACCONI, 2013). Para contorna esse paradigma, o maior equilíbrio entre os benefícios deve ser considerado.

Cada arranjo de SAF tem a sua potencialidade e desafios, e isso está relacionado ao objetivo de cada agricultor na implantação do seu sistema e o manejo realizado ao longo dos anos. Apesar disso, o equilíbrio entre os três benefícios é importante, uma discrepância entre os benefícios gerados pode refletir na insustentabilidade do sistema a longo prazo.

CONCLUSÃO

Esse estudo buscou avaliar os benefícios ambientais e econômicos que os SAFs de Tomé-Açu podem gerar. Os resultados ratificaram a complexidade desses sistemas, visto que a geração dos benefícios avaliados nesse estudo não foram associados unicamente à variável “nível de riqueza”, mas sim, a um conjunto de variáveis. O “tipo de SAF”, a “densidade de dendê” e a “densidade de espécies de sombra” tiveram melhores desempenhos sobre o estoque de carbono, índice de diversidade de Shannon e a renda bruta, respectivamente.

Os SAFs de Tomé-Açu, em geral, atendem as expectativas dos produtores quanto ao retorno econômico, além de gerarem benefícios relacionadas à mitigação das mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade. Sobretudo, os SAFs com o componente *E. guineensis* apresentaram melhores desempenhos nas pontuações da geração dos benefícios.

REFERÊNCIAS

- AGEVI, H.; ONWONGA, R.; KUYAH, S.; TSINGALIA, M. Carbon stocks and stock changes in agroforestry practices: a review. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 20, n.1, p. 101-109, 2017.
- AGROPALMA. **Preço CFF de 2018 a 2022**. 2022. Disponível em: https://www.agropalma.com.br/wp-content/uploads/2022/08/precos_cff_site_2018_2022-ingles_ago.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2023.
- AHIRWAL, J.; SAHOO, U. K.; THANGJAM, U.; THONG, P. Oil palm agroforestry enhances crop yield and ecosystem carbon stock in northeast India: Implications for the United Nations sustainable development goals. **Sustainable Production and Consumption**, v. 30, p. 478-487, 2022.
- ALMEIDA, L. S. de; GAMA, J. R. V. Quintais agroflorestais: estrutura, composição florística e aspectos socioambientais em área de assentamento rural na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 1041-1053, 2014.
- AMARE, D.; DARR, D. Agroforestry adoption as a systems concept: a review. **Forest Policy and Economics**, v.120, e102299, 2020.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BAENA, A. R. C.; FALESI, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Boletim de Pesquisa, 18).
- BARTELT, D.; KOCH, J.; TOURINHO, M.M. Anbau von Acai (*Euterpe oleracea*) und Kakao (*Theobroma sylvestre*) in Primärwäldern der varzeas am rio Tocantins (Brasilien/Para). **Forstarchiv**, v.71, n.6, p.250-256, 2000.
- BRANCHER, T. **Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental**. Orientador: Steel Silva Vasconcelos. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2010.
- BHAGWAT, S. A. *et al.* Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23, n. 5, p. 261–267, 2008.
- BENTES-GAMA, M. M.; SILVA, M. L.; VILCAHUAMAN, L. J. M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho D’oeste - RO. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p.401-411, 2005.
- BRIENZA JUNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: análise de 25 anos de pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p. 67-67, 2009.

BLASER, W. J.; OPPONG, J.; HART, S. P.; LANDOLT, J.; YEBOAH, E.; SIX, J. Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. **Nature Sustainability**, v. 1, n.5, p. 234-239, 2018.

BLASER-HART, W. J.; HART, S. P.; OPPONG, J.; KYEREH, D.; YEBOAH, E.; SIX, J. The effectiveness of cocoa agroforests depends on shade tree canopy height. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.322, e107676, 2021.

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p. 1139-1147, 2011.

BOLFE, E.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M. C. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p. 1261-1269, 2012.

BORDIN, K. M. *et al.* No relationship between biodiversity and forest carbon sink across the subtropical Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.21, n.2, p. 112-120, 2023.

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**, v. 93, n. 4, p. 1409–1421, 2019.

BRENO, P. R.; MIRANDA, I. de S. Quintais agroflorestais na Amazônia Central: caracterização, importância social e agrobiodiversidade. **Revista Ciências Florestais**, v. 29, n. 4, p. 1614 – 1629, 2019.

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

CARDOZO, E. G. *et al.* Species richness increases income in agroforestry systems of eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 5, p. 901–916, 2015.

CARDOZO, E. G. *et al.* Efecto de la riqueza de especies y estructura de la vegetacion en el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de la Amazonia, Bolivia. **Revista de Biología Tropical**, v. 66, n. 4, p. 1481–1495, 2018.

CARDOZO, E. G.; CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; SILVA, H. R.; MUCHAVISOY, H. M.; GEHRING, C. Agroforestry systems recover tree carbon stock faster than natural succession in Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.96, p. 941–956, 2022.

CARVALHO, A. F.de *et al.* Microclimate and soil and water loss in shaded and unshaded agroforestry coffee systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 1, p. 119–134, 1 jan. 2021.

CASTRO, F; FUTEMMA, C. Farm knowledge coproduction at an old amazonian frontier: case of the agroforestry system in Tomé-Açu Brazil. **Rural Landscape Society Environment History**, v. 8, p. 1-11, 2021.

CENTRO INTERNACIONAL DE PESQUISA AGROFLORESTAL-ICRAF. **Agroforestry system: inventory (AFSI) project coordinator's report for the period September 1982**. [S.l.]: International Center for Research in Agroforestry, 1983.

CHAVES, J. *et al.* Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, 2014. doi: 10.1111/gcb.12629

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, 320, p. 1458–1460, 2008.

CONCHA-CALLO, D.; DENICH, M. A participatory framework to assess multifunctional land-use systems with multicriteria and multivariate analyses: A case study on agrobiodiversity of agroforestry systems in Tomé-Açu, Brazil. **Change Adaptation Socioecology System**, v.1, p. 40-50, 2014.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual e Potencial – Plantas para o futuro – Região Sul. Ministério do Meio Ambiente, 2011.

COSTA, F. de A. Economia camponesa referida ao bioma da Amazônia: atores, territórios e atributos. **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos**: Belém, PA, v. 29, n. 2, 2020. doi: 10.18542/papersnaea.v1i2.10390.

CRAVO, M. da S. Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia. Embrapa Amazônia Oriental: Belém, PA, 2005.

DOLLINGER, J.; JOSE, S. **Agroforestry for soil health**. **Agroforestry Systems** Springer Netherlands, 1 abr. 2018.

EHRENBERGEROVÁ, L.; SEPTUNOVÁ, Z.; HABROVÁ, H.; TUESTA, R. H. P.; MATULA, R. Shade tree timber as a source of income diversification in agroforestry coffee plantations, Peru. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 342, p. 93-103, 2019.

EWERT, M.; VENTURIERI, G. A.; STEENBOCK, W.; SEOANE, C. E. S. Sistemas agroflorestais multiestrata e a legislação ambiental brasileira: desafios e soluções. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 36, p. 95-114, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. **Statistical service**: production and trade statistics. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 05 de abril de 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. **The future of food and agriculture** – alternative pathways to 2050. Summary version. Rome, 2018. 60 p.

FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILLIER, J.; NAYAK, D. R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 254, p. 117-129, 2018.

FENG, Y. *et al.* Multispecies forest plantations outyield monocultures across a broad range of conditions. **Science**, v.376, n. 6595, p. 865-868, 2022.

GALLO, E. *et al.* Saúde e economia verde: desafios para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p. 1457-1462, 2012.

GALVÃO, C. A.; FRANCISCO, M. R.; SCHLINDWEIN, M. N. Sistema agroflorestal como zona de amortecimento em uma unidade de conservação da mata atlântica brasileira: Uma perspectiva de predação de ninho artificial. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 1, e20170373, 2018.

GARRITY, D. P. *et al.* Evergreen agriculture: A robust approach to sustainable food security in Africa. **Food Security**, v.2, p. 197-214, 2010.

GARRETY, R. D.; CAMMELLI, F.; FERREIRA, J.; LEVY, S. A.; VALENTIM, J.; VIEIRA, I. Forest and sustainable development in the Brazilian Amazon: History, Trends, and Future Prospects. **Annual Review of Environmental and Resources**, v.46, p. 625-652, 2021.

GODFRAY, H. C. J. *et al.* Food security: The challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, p. 812-818, 2010.

GOODALE, E. *et al.* The response of birds and mixed-species bird flocks to human-modified landscapes in Sri Lanka and southern India. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 384–392, 2014.

HAIRSTON, N.G. Species abundance and Community organization. **Ecology**, Ythaca, v.40, p. 404-416, 1959.

HOMMA, A. K. O. **História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

HOMMA, A. K. O. Em favor de uma nova agricultura na Amazônia. **Revista Terceira Margem Amazônia**, EMBRAPA Amazônia Oriental, v.1, n.5, p. 19-34, 2015.

HOMMA, A. K. O. A imigração japonesa na Amazônia: sua contribuição ao desenvolvimento agrícola. 2º ed - Brasília, DF: EMBRAPA, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo Agropecuário**. 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 11 de abril de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Sidra: Produção de dendê no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/dende/br>. Acesso em: 11 de abril de 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Switzerland, Geneva, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. **Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems**. 2019.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2022-2. 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 12 de abril de 2023.

JADÁN, O.; CIFUENTES, M.; TORRES, B.; SELESI, D.; VEINTIMILLA, D.; GUNTER, S. Influence of tree cover on diversity, carbon sequestration and productivity of cocoa systems in the Ecuadorian Amazon. **Bois et forêts des tropiques**, v.3, n. 325, p. 35-47, 2015.

JOSE, S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. **Agroforestry Systems**, v. 85, p. 1-8, 2012.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v.76, p. 1-10, 2009.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra**: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7., 2020.

KATO, M. A. Fire free land preparation as na alternative to slash and burn agriculture in the Bragantina region: crop performance and Phosphorus dynamics. Gottingen: Cuvillier, 1998.

KATO, O. R.; SHIMIZU, M. K.; BORGES, A. C. M. R.; AZEVEDO, C. M. B. C.; OLIVEIRA, J. S. R. de; VASCONCELOS, S. S.; ABREU SÁ, T. D. de. Desenvolvimento da produção de frutas em sistemas agrofloretais no estado do Pará. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais[...]**. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul: SBF, 2012. p. 1-14.

KHASANAH, N.; van NOORDWIJK, M.; NINGSIH, H. Aboveground carbon stocks in oil palm plantations and the threshold for carbon-neutral vegetation conversion on mineral soils. **Cogent. Environmental Science**, v.1, 2015. doi: 10.1080/23311843.2015.1119964.

KHASANAH, N. *et al.* Oil palm agroforestry can achieve economic and environmental gains as indicated by multifunctional land equivalent ratios. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.3, 2020. doi: 10.3389/fsufs.2019.00122.

KING, K. F. S. The history of agroforestry. STEPPLER, H. A; NAIR, P. K. R. Agroforestry a decade of development. ICRAF - International Council for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenya, 1987.

KOELEMEIJER, I. A.; TACK, A. J. M.; ZEWDIE, B.; NEMOMISSA, S.; HYLANDER, K. Management intensity and landscape configuration affect the potential for woody plant regeneration in coffee agroforestry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.313, e107384, 2021.

KREMEN, C. Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. **Ann. N. Y. Acad. Sci**, 1355, p. 52-76, 2015.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v.25, n.1, 2008.

LIPPER, L. *et al.* Climate-smart agriculture for food security. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 1068-1072, 2014.

- LIU, Q. *et al.* Microclimate regulation efficiency of the rural homegarden agroforestry system in the Western Sichuan Plain, China. **Journal of Mountain Science**, v. 16, n. 3, p. 516–528, 1 mar. 2019.
- MAEZUMI, S. Y.; ALVES, D.; ROBINSON, M.; SOUZA, J. G.de; LEVIS, C.; BARNETT, R. L.; OLIVEIRA, E. A.de; URREGO, D.; SCHAAN, D.; IRIARTE, J. The legacy of 4,500 years of polyculture agroforestry in the eastern Amazon. **Nature Plants**, v. 4, p. 540-547, 2018.
- MAHANTY, S.; SUICH, H.; TACCONI, L. Access and benefits in payments for environmental services and implications for REDD+: Lessons from seven PES schemes. **Land Use Policy**, v.31, p. 38-47, 2013.
- MARTIN, D. A.; OSEN, K.; GRASS, I.; HOLSCHEER, D.; TSCHARNTKE, T.; WURZ, A.; KREFT, H. Land use history determines ecosystem service and conservation value in tropical agroforestry. **Conservation Letter**, v. 13, 2020. doi: 10.1111/conl.12740.
- MATA, E. L. de O.; CARVALHO, L. S.; COSTA, V. B. da; COSTA, K. G.da. Fitossociologia em diferentes sistemas de uso da terra na zona rural de Cameté (Pará, Brasil). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.11, n.1, p. 290-298, 2021.
- MBOW, C; van NOORDWIJK, M.; LUEDELING, E.; NEUFELDT, H.; MINANG, P.A.; KOWERO, G. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion Environment Sustainability**, v.6, p. 61-67, 2014.
- MEIJAARD, E. *et al.* The environmental impacts of palm oil in context. **Nature Plants**, v.6, p. 1418-1426, 2020.
- MINANG, P. A.; DUGUMA, L. A.; BERNARD, F. MERTZ, O.; van NOORDWIJK, M. Prospects for agroforestry in REDD+ landscapes in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 78-82, 2014.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Serviço de Informações do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br>. Acessado em: 12 de abril de 2023.
- MURTHY, I. K.; DUTTA, S.; VARGHESE, V.; JOSHI, P. P.; KUMAR, P. Impact of agroforestry systems on ecological and socio economic systems: a review. **Global Journal of Science Frontier Research: H Environment & Earth Science**, v. 16, n. 5, 2016.
- MUTUO, P. K.; CADISCH, G.; ALBRECHT, A.; PALM, C. A.; VERCHOT, L. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. **Nutrient Cycling in Agroforestry**, v. 71, p. 43-54, 2005.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 97-128, 1985.
- NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M.; SHOWALTER, J. M. Carbon sequestration in agroforestry System. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 237-307, 2010.
- OLIVEIRA NETO, M. M.; ALVEZ, L. de F. N.; SCHWARTZ, G. Agroforestry systems associated with natural regeneration: alternatives practiced by Family-farmers of Tomé-Açu, Pará. **Sustainability in Debate**, Brasília, v.13, n.1, p. 286-298, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. About the UN Decade | UN Decade on Restoration. 2020. Disponível em: [https:// www.decadeonrestoration.org/about-un-decade](https://www.decadeonrestoration.org/about-un-decade). Acesso em: 12 de abril de 2023.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. Caracterização climática do Município de Tomé-Açu, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

POMPEU, G. S. S. dos; KATO, O. R.; ALMEIDA, R. H. C. Percepção de agricultores familiares e empresariais de Tomé-Açu, Pará, Brasil sobre os sistemas de agroflorestas. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, DF, v.8, n.3, p. 152-166, 2017.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals of Botany**, v. 114, p. 1571-1596, 2014.

REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v.20, n.3, p. 203-224, 2017.

RODRIGUES, S. T.; SCHWARTZ, G.; DE ALMEIDA, S. S. Diversidade, síndrome de dispersão e formas de vida vegetal em diferentes estágios sucessionais de florestas secundárias em Tomé-Açu, Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v.7, n.14, p. 21-31, 2012.

SANTOS, S. R. M.dos; MIRANDA, I. de S.; TOURINHO, M. M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, v.34, n.2, p. 251-263, 2004.

SCHEMBERGUE, A.; DA CUNHA, D. A.; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista Economia Sociologia Rural**, v.55, n.1, p. 9-30, 2017.

SCHROTH, G. *et al.* Contribution of agroforests to landscape carbon storage. **Mitigation Adaptation Strategie Global Change**, v.20, p. 1175-1190, 2015.

SHAHMOHAMADI, P.; CHE-ANI, A. I.; ETESSAM, I.; MAULUD, K. N. A.; TAWIL, N. M. Healthy environment: the need to mitigate urban heat island effects on human health. **Procedia Engineering**, v. 20, p. 61-70, 2011.

SHARMA, N.; BOHRA, B.; PRAGYA, N.; CIANNELLA, R.; DOBIE, P.; LEHMANN, S. Bioenergy from agroforestry can lead to improved food security, climate change, soil quality, and rural development. **Food Energy Security**, v.5, n.3, p. 165-183, 2016.

SILVA, I. C. Sistemas Agroflorestais: conceitos e métodos. 1 ed, Itabuna: SBSAF, 2013.

SOMARRIBA, E. J.; BEER, J. Productivity of Theobroma cacao agroforestry systems with timber or legume service shade trees. **Agroforestry Systems**, v.81, n.2, p. 109-121, 2011.

STEPHENSON, N. L. *et al.* Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature**, v.507, p. 90-93, 2014.

TSCHORA, H.; CHERUBINI, F. Co-benefits and trade-offs of agroforestry for climate change mitigation and other sustainable goals in West Africa. **Global Ecology and Conservation**, v. 22, e00919, 2020.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. **Journal of Applied Ecology**, v.48, p. 619-629, 2011.

ULLOA, U. C. *et al.* An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. **Science**, v. 358, n. 6370, p. 1614-1617, 2017.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. S. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n.4, p. 549-558, 2007.

WALDRON, A.; GARRITY, D.; MALHI, Y.; GIRARDIN, C.; MILLER, D. C.; SEDDON, N. Agroforestry can enhance food security while meeting other sustainable development goals. **Tropical Conservation Science**, v.10, 2017. doi: 10.1177/19400829177206.

ZOMER, R. J.; NEUFELDT, H.; XU, J.; AHRENDT, A.; BOSSIO, D.; TRABUCCO, A.; van NOORDWIJK, M.; WANG, M. Global tree cover and biomass carbon in agriculture land: the contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. **Scientific Reports**, v. 6, 2016. doi: 10.1038/srep29987.

APÊNDICE A - Parâmetros fitossiológicos dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.
Em que: N – número de indivíduos; AB: área basal; DA - densidade absoluta; DR - densidade relativa; DoA - dominância absoluta, DoR - dominância relativa; IVI - Índice de Valor de Importância.

SAF-A1

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	57	0,54	633,33	67,06	5,97	10,97	29,04
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê	Arecaceae	6	3,45	66,67	7,06	38,33	70,43	28,86
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	10	0,29	111,11	11,76	3,2	5,87	8,91
<i>Virola surinamensis</i> Rol. ex Rottb.	Ucuuba	Myristicaceae	3	0,12	33,33	3,53	1,38	2,54	5,05
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê rosa	Bignoniaceae	1	0,2	11,11	1,18	2,24	4,11	4,79
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karsten	Bacabi	Arecaceae	2	0,05	22,22	2,35	0,52	0,95	4,13
<i>Tabebuia</i> sp.	Ipê roxo	Bignoniaceae	3	0,04	22,22	2,35	0,49	0,9	4,12
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	1	0,08	11,11	1,18	0,89	1,63	3,97
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanheira	Lecythidaceae	1	0,02	11,11	1,18	0,18	0,32	3,53
<i>Adenantha pavonina</i> L.	Falso pau brasil	Leguminosae	1	0,01	11,11	1,18	0,14	0,25	3,51

SAF-A2

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê	Arecaceae	6	2,45	66,67	8,96	27,26	57,8	25,28
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	30	0,28	333,33	44,78	3,1	6,57	20,14
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	13	0,33	144,44	19,4	3,68	7,79	12,1
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê rosa	Bignoniaceae	5	0,56	44,44	5,97	6,27	13,29	9,45
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	4	0,24	44,44	5,97	2,7	5,73	6,93
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	Patauá	Arecaceae	3	0,07	33,33	4,48	0,74	1,56	5,04
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê amarelo	Bignoniaceae	1	0,17	11,11	1,49	1,92	4,08	4,89
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karsten	Bacabi	Arecaceae	2	0,02	22,22	2,99	0,24	0,51	4,2
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Guanandi	Clusiaceae	2	0,02	22,22	2,99	0,21	0,45	4,18
<i>Tachigali vulgaris</i> L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima	Tachi	Fabaceae	1	0,08	11,11	1,49	0,84	1,77	4,12
<i>Musa</i> spp.	Bananeira	Musaceae	1	0,02	11,11	1,49	0,21	0,44	3,67

SAF - A3

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê	Arecaceae	7	4,63	77,78	7	51,45	84,02	34,04
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	53	0,37	588,89	53	4,16	6,8	23,64
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	Gliricídia	Fabaceae	18	0,1	200	18	1,13	1,84	10,32
<i>Piper nigrum</i> L.	Pimenta do reino	Piperaceae	13	0	144,44	13	0	0	8,04
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	2	0,28	22,22	2	3,06	5	6,04
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá	Fabaceae	3	0,06	33,33	3	0,68	1,11	5,07
<i>Musa</i> spp.	Bananeira	Musaceae	2	0,02	22,22	2	0,19	0,3	4,47
<i>Persea americana</i> L.	Abacate	Lauraceae	1	0,05	11,11	1	0,51	0,83	4,32
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	Anacardiaceae	1	0,01	11,11	1	0,06	0,09	4,07

SAF - A4

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	39	0,51	433,33	75	5,63	37,11	44,04
<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Mogno africano	Meliaceae	2	0,49	22,22	3,85	5,47	36,06	19,97
<i>Coccus nucifera</i> L.	Coco	Arecaceae	8	0,28	88,89	15,38	3,14	20,73	18,7
<i>Musa</i> spp.	Bananeira	Musaceae	1	0,06	11,11	1,92	0,68	4,48	8,8
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	Gliricidia	Fabaceae	2	0,02	22,22	3,85	0,25	1,63	8,49

SAF – A5

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	60	0,97	666,67	55,56	10,82	46,03	39,42
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	40	0,63	444,44	37,04	7,05	30	27,9
<i>Genipa americana</i> L.	Genipapo	Rubiaceae	4	0,29	44,44	3,7	3,19	13,55	11,31
<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Mogno africano	Meliaceae	1	0,09	11,11	0,93	1,03	4,36	7,32
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	Fabaceae	1	0,09	11,11	0,93	1	4,26	7,28
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Jatobá	Fabaceae	2	0,04	22,22	1,85	0,42	1,8	6,77

SAF – A6

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Cupuaçu	Malvaceae	57	1,05	633,33	79,17	11,69	49,92	54,14
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno brasileiro	Meliaceae	13	1,04	144,44	18,06	11,61	49,6	33,66
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	2	0,01	22,22	2,78	0,11	0,48	12,2

SAF – A7

Espécie		Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Areaceae	47	0,98	522,22	38,84	10,94	37,16	30,1
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	38	0,31	422,22	31,4	3,41	11,59	19,09
<i>Tabebuia</i> spp.	Ipê	Bignoniaceae	9	0,53	100	7,44	5,87	19,94	13,89
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno brasileiro	Meliaceae	8	0,54	88,89	6,61	6,05	20,55	13,82
<i>Piper nigrum</i> L.	Pimenta do reino	Piperaceae	15	0	166,67	12,4	0	0	8,89
<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Mogno africano	Meliaceae	1	0,23	11,11	0,83	2,57	8,73	7,95
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	3	0,05	33,33	2,48	0,6	2,03	6,26

SAF – A8

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Cupuaçu	Malvaceae	42	0,5	466,67	36,84	5,51	28,64	24,6
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	40	0,24	444,44	35,09	2,63	13,68	19,03
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	5	0,49	55,56	4,39	5,43	28,23	13,65
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	11	0,12	122,22	9,65	1,35	6,99	8,33
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	Jarana	Lecythidaceae	6	0,07	66,67	5,26	0,82	4,28	5,96
-	Não identificado	-	3	0,1	33,33	2,63	1,07	5,58	5,52
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno brasileiro	Meliaceae	2	0,1	22,22	1,75	1,11	5,76	5,28
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk	Pitomba	Sapindaceae	1	0,07	11,11	0,88	0,78	4,08	4,43
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	Bacuri	Clusiaceae	1	0,03	11,11	0,88	0,34	1,77	3,66
<i>Magifera indica</i> L.	Mangueira	Anacardiaceae	1	0,01	11,11	0,88	0,1	0,52	3,24
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	Anacardiaceae	1	0,01	11,11	0,88	0,09	0,47	3,23
<i>Bactris gasipaes</i> (Kunth)	Pupunha	Arecaceae	1	0	11,11	0,88	0	0	3,07

SAF – A9

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn.	Cacau	Malvaceae	106	0,69	1177,78	75,18	7,7	36,15	40,44
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno africano	Meliaceae	19	0,99	211,11	13,48	11,01	51,72	25,06
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	Bacuri	Clusiaceae	5	0,05	55,56	3,55	0,5	2,35	5,3
<i>Magifera indica</i> L..	Mangueira	Anacardiaceae	2	0,08	22,22	1,42	0,85	4	5,14
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Rambutã	Sapindaceae	3	0,01	33,33	2,13	0,12	0,57	4,23
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess	Sapucaia	Lecythidaceae	2	0,02	22,22	1,42	0,25	1,18	4,2
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	Anacardiaceae	1	0,03	11,11	0,71	0,35	1,64	4,12
<i>Himathantus sucuuba</i> (Spruce ex Mull. Arg.)	Sucuuba	Apocynaceae	1	0,02	11,11	0,71	0,26	1,24	3,98
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanheira do pará	Lecythidaceae	1	0,01	11,11	0,71	0,14	0,67	3,79
<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	Lauraceae	1	0,01	11,11	0,71	0,1	0,48	3,73

SAF – A10

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Cupuaçu	Malvaceae	75	0,72	833,33	86,21	8,05	29,28	45,16
<i>Spondias lutea</i> L.	Taperebá	Anacardiaceae	1	1,03	1,11	1,15	11,46	41,67	20,94
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	7	0,56	77,78	8,05	6,23	22,65	16,9
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Arecaceae	3	0,11	33,33	3,45	1,17	4,27	9,24
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori	Bacuri	Clusiaceae	1	0,05	11,11	1,15	0,59	2,13	7,76

SAF – A11

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn..	Cacau	Malvaceae	43	0,47	477,78	59,72	5,2	31,36	38,7
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Meliaceae	16	0,67	177,78	22,22	7,47	45,05	30,76
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Areaceae	12	0,33	133,33	16,67	3,65	21,98	21,22
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Cupuaçu	Malvaceae	1	0,02	11,11	1,39	0,27	1,61	9,33

SAF – A12

Espécie	Nome popular	Família	N	AB	DA	DR	DoA	DoR	VI
<i>Theobroma cacao</i> Linn..	Cacau	Malvaceae	76	1,12	844,44	74,51	12,48	48,76	45,85
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno brasileiro	Meliaceae	9	0,6	100	8,82	6,64	25,95	16,35
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Areaceae	8	0,35	88,89	7,84	3,91	15,27	12,47
<i>Musa</i> spp.	Bananeira	Malvaceae	6	0,2	66,67	5,88	2,27	8,85	9,67
<i>Garcinia mangostana</i> L.	Magustão	Clusiaceae	1	0,02	11,11	0,98	0,25	1	5,42
Não identificado	-	-	1	0	11,11	0,98	0,03	0,1	5,12
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae	1	0	11,11	0,98	0,02	0,07	5,11

**APÊNDICE B - Resumo estatístico da seleção do modelo para o estoque de carbono em
Tomé-Açu, Pará.**

Estoque de carbono

Modelos	GL	Loglik	AICc	ΔAIC	Peso
		-40,682			
Tipo de SAF	4		95,1	0	0,53235
Nulo	2	-45,604	96,5	1,464	0,25603
Tipo de SAF + N° ind sombra	3	-45,170	99,3	4,26219	0,06319
N° espécies	3	-45,435	100	4,79276	0,04847
Tipo de SAF + N° espécies	5	-40,410	100,8	5,74164	0,03016
Tipo de SAF + N° espécies + N° ind sombra	6	-38,215	105,2	10,1528	0,00332
Tipo de SAF + N° ind sombra + Densidade de dendê	6	-38,353	105,5	10,4278	0,0029
Tipo de SAF + N° espécies + Densidade de dendê	6	-40,405	109,6	14,5323	0,00037
Tipo de SAF + N° espécies + N° ind sombra + Densidade de dendê	7	-38,178	118,4	23,2774	0
		-32,876			
Tipo de SAF + N° espécies + N° ind sombra + Densidade de dendê	8		129,8	34,6744	0

Índice de Shannon

Modelo	GL	Loglik	AICc	ΔAIC	Peso
Densidade de dendê	3	-122,848	254,697	0	0,401
Nulo	2	-124,882	255,097	0,400	0,329
Densidade de cupuaçu	3	-124,301	257,602	2,906	0,094
N° ind sombra + densidade de dendê	4	-122,39	258,494	3,799	0,060
Tipo de SAF	3	-124,872	258,743	4,046	0,053
N° ind sombra	3	-124,882	258,763	4,067	0,053
Tipo de SAF + N° ind sombra	4	-124,212	262,139	7,442	0,010
Tipo de SAF + N° ind sombra + Densidade de dendê	5	-123,976	267,952	13,256	0
Tipo de SAF + N° ind sombra + Densidade de dendê + Densidade de cupuaçu	6	-122,114	273,029	18,332	0

Renda bruta

Modelo	GL	Loglik	AICc	ΔAIC	Peso
Nº ind sombra	3	-122,848	254,6965	0	0,401
Nulo	2	-124,882	255,097	0,400446	0,329
Densidade de dendê	3	-124,301	257,6024	2,905937	0,094
Nº espécies + Nº ind sombra	4	-122,39	258,4947	3,798191	0,060
Densidade de cupuaçu	3	-124,872	258,743	4,046522	0,053
Nº espécies	3	-124,882	258,7633	4,06682	0,053
Tipo de SAF	4	-124,212	262,1388	7,442301	0,010
Tipo de SAF + Nº espécies	5	-123,976	267,952	13,25551	0
Tipo de SAF + Nº espécies + Nº ind sombra	6	-122,114	273,0288	18,33231	0
Tipo de SAF + Nº espécies + Nº ind sombra + Densidade de dendê	7	-121,706	285,4113	30,71483	0
Tipo de SAF + Nº espécies + Nº ind sombra + Densidade de dendê + Densidade de cupuaçu	8	-117,764	299,5276	44,83105	0

APÊNDICE C - Quantificação da pontuação dos benefícios de mitigação das mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e geração de renda dos sistemas agroflorestais, Tomé-Açu, Pará.

Área	Mitigação	Biodiversidade	Renda	Total
A2	0,883	1	0,753	2,637
A1	0,798	0,712	0,829	2,339
A3	0,837	0,819	0,614	2,270
A7	0,776	0,842	0,519	2,136
A5	0,479	0,554	1	2,033
A12	0,633	0,531	0,807	1,971
A8	0,705	0,921	0,278	1,903
A10	1	0,311	0,501	1,812
A11	0,473	0,565	0,398	1,435
A9	0,741	0,531	0,064	1,336
A6	0,855	0,333	0,145	1,333
A4	0,436	0,469	0,381	1,286

**APÊNDICE D – Questionário aplicado aos agricultores de sistemas agroflorestais,
Tomé-Açu, Pará.**

1. Informações pessoais

- a. Nome:
- b. Idade:
- c. Escolaridade:
- d. Recebe assistência técnica?
- e. Qual a frequência de visitas da assistência técnica?
- f. Desde quando trabalha com SAF?

2. Informações da área

- a. Quantos hectares tem o seu SAF?
- b. Qual a idade do seu SAF?
- c. Quais espécies compõem o SAF?
- d. Qual a principal espécie (carro chefe) do SAF?
- e. Qual o espaçamento dos indivíduos do SAF?
- f. Qual a função das espécies implantadas? (produção de fruto, madeira, estaca, etc.)
- g. Qual o histórico de uso da área?

3. Benefícios dos SAFs

- a. Quais os benefícios sociais, ambientais ou econômicos, percebidos nos SAFs?
- b. Liste em ordem de importância os benefícios citados?

4. Biodiversidade

- a. Em sua área de SAF, você encontra:

Mamíferos () sim () não. Se sim, quais?

Aves () sim () não. Se sim, quais?

Répteis () sim () não. Se sim, quais?

5. Desenvolvimento rural

- a. Quais produtos dos seus SAFs são comercializados?
- b. Você consome os produtos do seu SAF? Quais?
- c. Qual foi a produção (kg/ano) de cada produto na última safra no talhão de pesquisa?

- d. Qual a sua produção de cada componente (ha/ano)?
- e. Qual o valor de venda local de cada produto?
- f. Em uma escada de 0 a 4, qual o nível de satisfação econômica que o SAF lhe traz?
() Nada satisfeito () Pouco satisfeito () Mais ou menos satisfeito () Satisfeito () Muito satisfeito

APÊNDICE E – Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN).



**Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO**

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Certidão

Cadastro nº AC68EB9

Declaramos, nos termos do art. 41 do Decreto nº 8.772/2016, que o cadastro de acesso ao patrimônio genético ou conhecimento tradicional associado, abaixo identificado e resumido, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado foi submetido ao procedimento administrativo de verificação e não foi objeto de requerimentos admitidos de verificação de indícios de irregularidades ou, caso tenha sido, o requerimento de verificação não foi acatado pelo CGen.

Número do cadastro:	AC68EB9
Usuário:	Patrícia Mie Suzuki
CPF/CNPJ:	016.245.092-31
Objeto do Acesso:	Patrimônio Genético
Finalidade do Acesso:	Pesquisa

Espécie

Euterpe oleracea
Theobroma cacao
Swietenia macrophylla
Bertholletia excelsa
Theobroma grandiflorum
Virola surinamensis
Carapa guianensis
Handroanthus heptaphyllus
Handroanthus serratifolius
Oenocarpus bataua
Tachigali vulgaris
Inga edulis
Hymenaea courbaril
Spondias lutea

APÊNDICE F – Modelo do termo de consentimento livre e esclarecido assinado pelos agricultores entrevistados.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: BENEFÍCIOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM TOMÉ-AÇU.

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar, voluntariamente, de uma pesquisa que tem por objetivo avaliar os benefícios dos sistemas agroflorestais no município de Tomé-Açu. Esta pesquisa apresenta em sua metodologia este questionário, desenvolvido com base em literatura científica. Posteriormente, os dados coletados serão tratados e analisados juntamente com os dados coletados em campo. O retorno dos resultados da pesquisa serão a elaboração de uma dissertação de mestrado; informações sobre a quantidade de carbono estocado na parte aérea das plantas, capacidade de infiltração de água no solo e benefícios econômicos dos sistemas agroflorestais em diferentes níveis de diversidade de plantas. Esclarecemos que não serão divulgados quaisquer dados que possam identificá-lo(a), visto que são confidenciais e anônimos. Os riscos em participar desta pesquisa são mínimos, podendo haver eventual desconforto ou constrangimento diante de alguma pergunta. Para diminuir essa possibilidade, vocês serão orientados a responder apenas as questões que se sintam confortáveis, podendo, inclusive, deixar de responder a uma pergunta ou desistir de participar, sem qualquer prejuízo ou consequência. Além disso, esse questionário pode envolver a ocupação do seu tempo de lazer. Os dados levantados serão divulgados, em formato de artigo científico, desde que cumpridos os critérios éticos de esclarecimento e compromisso pelos responsáveis da pesquisa. Se desejar esclarecimentos no momento da entrevista ou mesmo depois, o telefone de contato está ao final deste termo.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para permitir sua participação nesta pesquisa. Portanto, preencha o que segue:

Eu, _____, após a leitura e compreensão destas informações, entendo que a minha participação é voluntária e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Observação: Não assine este termo se estiver com dúvidas

Agradecemos sua participação.

Tomé-Açu (PA), _____ de _____ de 2022.

Assinatura do/a voluntário/a: _____

Assinatura da pesquisadora: _____

APÊNDICE G - Construção da pontuação dos indicadores dos benefícios.

Indicadores	Valor máximo (VMx)	Pontuação
Estoque de carbono da biomassa aérea (x1)	63	$x1/63 = p1$
Índice de Shannon-Wiener (x2)	1,77	$x2/1,77 = p2$
Renda bruta anual de 2021 (x3)	26250	$x3/26250 = p3$
Somatório final	-	$(p1+p2+p3)/3$

*x = valor do indicador de cada SAF

*Valor máximo do indicador encontrado em cada SAF