RGe ISSN: 2177-3246

VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO COMERCIAL DE CAJÁ (*Spondias mombin L.*): UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA MONOCULTURA E O SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

ECONOMIC VIABILITY OF COMMERCIAL PRODUCTION OF CAJÁ (*Spondias mombin L.*): A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE MONOCULTURE SYSTEM AND THE CROP-LIVESTOCK-FORESTRY INTEGRATION (CLFI) SYSTEM

VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO COMERCIAL DE CAJÁ (*Spondias mombin L.*): UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA MONOCULTURA E O SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

10.56238/revgeov17n5-114

Sérgio Luiz de Oliveira Vilela
Doutor em Ciências Sociais
E-mail: sergio.vilela@embrapa.br
Orcid: 0009-0008-9714-9819
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5892144717783004

RESUMO
O cajá (*Spondias mombin* L.) é uma fruteira nativa de elevado potencial agroindustrial, ainda em estágio de pré-domesticação, cujo cultivo comercial enfrenta desafios estruturais decorrentes da ausência de registros oficiais no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), da escassez de dados estatísticos sistematizados e da precariedade das infraestruturas logísticas de pós-colheita. Diante desse contexto, o presente artigo tem por objetivo analisar comparativamente a viabilidade econômica e ambiental de dois sistemas de produção aplicáveis à cajazeira: a monocultura convencional e o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). O estudo adota abordagem qualitativa de natureza analítico-descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica sistemática de publicações científicas, relatórios técnicos e documentos institucionais produzidos entre 2015 e 2024. Os resultados evidenciam que a monocultura apresenta limitações sistêmicas de ordem ambiental, econômica e social que comprometem sua sustentabilidade em médio e longo prazos quando aplicada a espécies nativas não domesticadas. Em contraste, o sistema ILPF demonstra potencial significativo de mitigação dos riscos produtivos, diversificação de receitas e preservação ecossistêmica, configurando-se como a alternativa economicamente mais viável e ambientalmente mais coerente para a produção comercial do cajá. Conclui-se que a adoção do ILPF, articulada a políticas públicas de fomento, pesquisa aplicada e organização associativa dos fruticultores, pode estruturar uma cadeia produtiva resiliente e competitiva para a cajazeira nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: *Spondias mombin*. Sistema ILPF. Fruticultura Nativa. Cadeia Produtiva. Sustentabilidade.

ABSTRACT
Yellow mombin (*Spondias mombin* L.) is a native fruit tree of high agro-industrial potential, still in a pre-domestication stage, whose commercial cultivation faces structural challenges arising from the

absence of official registration with Brazil's Ministry of Agriculture, the scarcity of systematised statistical data, and the inadequacy of post-harvest logistics infrastructure. Against this backdrop, this article aims to comparatively analyse the economic and environmental viability of two production systems applicable to yellow mombin: conventional monoculture and the Crop-Livestock-Forestry Integration (CLFI) system. The study adopts a qualitative, analytical-descriptive approach, grounded in a systematic bibliographic review of scientific publications, technical reports and institutional documents produced between 2015 and 2024. Results show that monoculture presents systemic limitations of environmental, economic and social order that compromise its sustainability in the medium and long terms when applied to undomesticated native species. In contrast, the CLFI system demonstrates significant potential for productive risk mitigation, revenue diversification and ecosystem preservation, establishing itself as the most economically viable and environmentally coherent alternative for the commercial production of yellow mombin. It is concluded that the adoption of CLFI, articulated with public promotion policies, applied research and associative organisation of fruit growers, can structure a resilient and competitive productive chain for yellow mombin in the North and Northeast regions of Brazil.

Keywords: *Spondias mombin*. CLFI System. Native Fruit Growing. Productive Chain. Sustainability.

RESUMEN
El cajá (*Spondias mombin* L.) es un frutal nativo de elevado potencial agroindustrial, aún en etapa de predomesticación, cuyo cultivo comercial enfrenta desafíos estructurales derivados de la ausencia de registros oficiales en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), de la escasez de datos estadísticos sistematizados y de la precariedad de las infraestructuras logísticas de poscosecha. Ante este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar comparativamente la viabilidad económica y ambiental de dos sistemas de producción aplicables al árbol de cajá: el monocultivo convencional y el sistema de Integración Cultivo-Ganadería-Bosque (ICGB). El estudio adopta un enfoque cualitativo de naturaleza analítico-descriptiva, fundamentado en una revisión bibliográfica sistemática de publicaciones científicas, informes técnicos y documentos institucionales producidos entre 2015 y 2024. Los resultados evidencian que el monocultivo presenta limitaciones sistémicas de orden ambiental, económico y social que comprometen su sostenibilidad a mediano y largo plazo cuando se aplica a especies nativas no domesticadas. En contraste, el sistema ICGB demuestra un potencial significativo para la mitigación de los riesgos productivos, la diversificación de ingresos y la preservación ecosistémica, configurándose como la alternativa económicamente más viable y ambientalmente más coherente para la producción comercial del cajá. Se concluye que la adopción del ICGB, articulada con políticas públicas de fomento, investigación aplicada y organización asociativa de los fruticultores, puede estructurar una cadena productiva resiliente y competitiva para el cajá en las regiones Norte y Nordeste de Brasil.

Palabras clave: *Spondias mombin*. Sistema ICGB. Fruticultura Nativa. Cadena Productiva. Sostenibilidad.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por alimentos funcionais, ricos em compostos bioativos e provenientes de sistemas de produção ambientalmente responsáveis, tem despertado interesse renovado por espécies frutíferas nativas de regiões tropicais. Nesse cenário, o cajá (Spondias mombin L.), pertencente à família Anacardiaceae, ocupa posição de destaque no contexto da fruticultura das regiões Norte e Nordeste do Brasil, notadamente por suas propriedades organolépticas, nutritivas e agroindustriais (Mattietto; Matta, 2011; Sacramento; Souza, 2024).

Apesar de ser amplamente apreciado pelo mercado consumidor regional, figurando entre os produtos de maior demanda nos mercados atacadistas (CEASAS), feiras-livres e supermercados do Nordeste e da Zona da Mata Pernambucana (Embrapa, 2023), o cajá padece de limitações estruturais que comprometem a organização de sua cadeia produtiva. A espécie encontra-se em estágio de pré-domesticação, o que inviabiliza seu registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), impõe restrições à expansão comercial de seu cultivo e reduz o acesso dos produtores a linhas de crédito rural formalizadas.

Estima-se que apenas 30% da produção extrativista de cajá seja efetivamente aproveitada para consumo humano, em razão de perdas relacionadas às condições de colheita, acesso e transporte (Portal São Francisco, 2023). A industrialização da polpa, principal destino comercial do fruto - cujo rendimento supera 60% em condições adequadas de manejo (Embrapa, 2023) -, permanece dependente das oscilações sazonais de safra e da precária infraestrutura logística de resfriamento disponível nas comunidades produtoras.

Diante desse quadro, a definição do sistema de produção mais adequado para a cajazeira constitui questão científica e técnica de relevância estratégica. Dois modelos se apresentam como alternativas antagônicas: a monocultura convencional, com sua lógica de especialização produtiva e capital-intensividade; e o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que articula componentes agrícolas, pecuários e florestais em uma lógica simbiótica de uso do solo (Franchini et al., 2015; Embrapa, 2025).

A tensão entre esses dois modelos não é meramente técnica: envolve escolhas sobre modelos de desenvolvimento, relação com o ecossistema, estrutura fundiária, viabilidade econômica e papel das comunidades locais. O presente artigo propõe uma análise comparativa entre os dois sistemas, com ênfase em seus fundamentos econômicos, ambientais e sociais, defendendo a tese de que o ILPF constitui a alternativa mais viável para a produção comercial sustentável do cajá, sem ignorar os limites e desafios que também esse sistema impõe.

Metodologicamente, o estudo estrutura-se como pesquisa de natureza qualitativa e caráter analítico-descritivo, com base em revisão sistemática de literatura científica, relatórios técnicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), documentos do Banco Mundial, publicações

do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e dados da Rede ILPF, produzidos entre 2015 e 2025. A análise é orientada por critérios de viabilidade econômica, adequação ambiental e coerência com a realidade socioeconômica das regiões produtoras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cajazeira (Spondias mombin L.) é uma árvore de porte arbóreo que pode atingir até 30 metros de altura em ambiente natural, com copa de até 20 metros de diâmetro, pertencente à família Anacardiaceae, da qual também fazem parte o cajueiro, a mangueira, o umbuzeiro e a cirigueleira (Lorenzi, 2002; Mitchell; Daly, 2015). Seu centro de diversidade genética abrange as áreas de Mata Atlântica e Amazônia Ocidental, tendo sua distribuição natural ampliada para toda a faixa tropical do continente americano, da América Central ao Peru (Sacramento; Souza, 2000).

No Brasil, a espécie ocorre principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde é conhecida, respectivamente, como taperebá e cajá ou cajá-mirim, sendo encontrada de forma isolada ou agrupada em matas, várzeas, brejos de altitude e áreas de pastagem (Embrapa, 2023). Botanicamente, trata-se de uma espécie alógama, com significativa diversidade genética entre populações, como demonstrado por estudos com marcadores SNP que revelaram estrutura genética altamente diferenciada entre amostras coletadas em nove localidades brasileiras, com valores de FST superiores a 0,25, portanto, indicativos de diferenciação muito elevada (Almeida et al., 2024).

O fruto do cajazeiro é uma drupa de forma ovoide, com casca fina e amarelo-alaranjada quando madura, polpa suculenta de sabor agridoce e rendimento médio de polpa entre 56% e 60%, podendo ultrapassar esse percentual em condições tecnificadas de manejo (Mattietto; Matta, 2011; Embrapa, 2023). Sua composição nutricional é expressiva: fonte de vitaminas A, B e C, fibras, cálcio, ferro e fósforo, além de compostos bioativos como flavonoides (14,9 mg QE/100 g), terpenos e antioxidantes que lhe conferem crescente interesse farmacológico e nutracêutico (Morais et al., 2024).

Do ponto de vista mercadológico, a cajazeira ocupa posição relevante no mercado de polpas de frutas do Nordeste brasileiro, sendo seu produto final destinado prioritariamente à fabricação de sucos, sorvetes, geleias, néctares, vinhos e licores (Mattietto; Matta, 2011; Fapepi, 2022). Não obstante essa demanda consolidada, a produção industrializada permanece dependente das variações sazonais da safra extrativista e insuficiente para atender aos mercados das regiões Norte e Nordeste (Fapepi, 2022; Embrapa, 2023), o que representa, simultaneamente, um gargalo e uma oportunidade estrutural para a organização de um sistema produtivo mais robusto.

Um experimento desenvolvido pela Embrapa Meio-Norte no Piauí, em seis hectares cultivados com pacote tecnológico estruturado, demonstrou o potencial do cajá tecnificado: a produção saltou de 3,4 toneladas em 2021 para 8,1 toneladas em 2022, com perspectiva de alcançar entre 15 e 20 toneladas na safra seguinte (Fapepi, 2022). No mesmo estado, um produtor que trabalha de forma empírica, mas

sistemática registrou evolução de 8 toneladas em 2018 para 18 toneladas em 2021, comercializando sua produção a R$ 1,70/kg junto a agroindústrias locais (Fapepi, 2022). Esses dados, ainda que pontuais, sinalizam o expressivo potencial de incremento produtivo associado à adoção de tecnologias de manejo adequadas.

A exploração comercial de fruteiras nativas tropicais envolve tensões inerentes entre duas lógicas distintas de relação com o território e com os ecossistemas. De um lado, o extrativismo - prática histórica e socialmente enraizada nas comunidades do Norte e Nordeste - oferece baixo custo de produção, preservação das características organolépticas naturais do fruto e manutenção relativa do equilíbrio ecossistêmico, ao custo de baixa produtividade e elevado índice de perdas pós-colheita (Mattietto; Matta, 2011). De outro, a exploração intensiva em capital visa maximizar produtividade e padronização do produto, frequentemente com impactos significativos sobre os ecossistemas de ocorrência natural da espécie (Souza; Morais, 2022).

Essa dicotomia é bem documentada em espécies como o açaí (Euterpe oleracea), o cupuaçu (Theobroma grandiflorum) e o umbu (Spondias tuberosa), para as quais o processo de domesticação e intensificação produtiva gerou ganhos econômicos, mas também pressões sobre ecossistemas e culturas tradicionais (Homma, 2022). A cajazeira, ainda em fase de pré-domesticação, apresenta desafios adicionais: a ausência de cultivares melhoradas registradas, a inexistência de recomendações agronômicas sistematizadas e a carência de dados de mercado sistematizados dificultam o planejamento racional do negócio (Embrapa, 2023; Fapepi, 2022).

Nesse contexto, a escolha do sistema de produção mais adequado para a cajazeira não pode ser reduzida a um cálculo econômico estrito. Envolve, necessariamente, uma avaliação multidimensional que contemple os aspectos ecossistêmicos, sociais, institucionais e econômicos da atividade, na perspectiva de uma abordagem compatível com os fundamentos da sustentabilidade e da economia ecológica (Costanza et al., 2017; Sachs, 2015).

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é definido como uma estratégia de produção sustentável que integra, em diferentes graus de associação, atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, de forma consorciada, sequencial ou rotacionada, visando efeitos sinérgicos entre os componentes do sistema e resultando em benefícios produtivos, econômicos, ambientais e sociais (Embrapa, 2015; Balbino et al., 2016).

Estudo publicado pelo IPEA (2022) sistematizou os resultados econômicos de sistemas ILPF documentados na literatura brasileira, identificando que a maioria dos casos analisados apresentou Valor Presente Líquido (VPL) positivo, sendo os resultados condicionados, em grande medida, à qualidade do planejamento inicial, à escolha das espécies e à estrutura de mercado disponível para os produtos gerados. Casos com VPL negativo foram predominantemente associados a sistemas mal planejados ou a condições desfavoráveis de mercado (IPEA, 2022).

Pesquisa realizada em parceria entre a Embrapa e o Banco Mundial (Embrapa, 2025), avaliando sistemas de ILPF nos biomas Cerrado e Amazônia, constatou que o sistema ILPF-C, caracterizado por elevado rendimento do componente florestal e estratégia eficiente de comercialização do gado, apresentou Valor Presente Líquido Anual (VPLA) 13 vezes superior ao de uma fazenda de lavoura convencional e 41 vezes maior ao de fazenda de pecuária extensiva, com índice de lucratividade de 1,36 (36 centavos de lucro por dólar investido). Em contraste, a pecuária extensiva gerou apenas dois centavos de lucro por dólar aportado, sendo o sistema menos lucrativo avaliado (Embrapa, 2025).

Em 2017, a área cultivada sob sistemas ILPF no Brasil alcançava 17 milhões de hectares, representando 7% de toda a área ocupada pela agropecuária nacional, segundo dados da Rede ILPF (2017). Estimativas do relatório Nova Economia para o Brasil indicam que investimentos na recuperação de áreas degradadas via ILPF poderiam gerar, em um horizonte de dez anos, um retorno de R$ 19 bilhões, consolidando uma estratégia de retomada econômica de base verde (TOTVS, 2025).

Franchini et al. (2015) destacam que a maior conservação da biodiversidade em sistemas ILPF decorre da maior riqueza de espécies vegetais produtivas introduzidas, favorecendo a sobrevivência de organismos que necessitam de ambiente diversificado, inclusive os que habitam o solo. Do ponto de vista agronômico, a estrutura ILPF favorece a ciclagem de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio, a proteção física do solo contra erosão e lixiviação, e a redução da compactação pela implantação de sistemas de pastejo rotacionado.

Não obstante, a implementação do ILPF enfrenta barreiras concretas: o elevado custo inicial de implantação, a demanda por conhecimento técnico especializado, as dificuldades de acesso a crédito rural de longo prazo adequado à maturação do componente florestal, e a limitada disponibilidade de assistência técnica qualificada nas regiões de maior potencial para a cajazeira (IPEA, 2022; Embrapa, 2025). A sinergia entre os componentes do sistema exige planejamento estratégico rigoroso e monitoramento contínuo, o que representa desafio adicional para produtores de menor escala.

3 METODOLOGIA

O presente estudo adota abordagem qualitativa de natureza analítico-descritiva. Conforme Minayo (2017), a pesquisa qualitativa é adequada para a compreensão de fenômenos complexos nos quais dimensões sociais, econômicas e ambientais se entrelaçam, tornando insuficiente a análise estritamente quantitativa. A investigação não pretende mensurar variáveis de forma isolada, mas interpretar relações sistêmicas entre as condições de produção, os contextos ecossistêmicos e os resultados econômicos dos sistemas comparados.

A coleta de dados baseou-se em revisão bibliográfica sistemática, conduzida nas bases Scopus, Web of Science, SciELO, Portal Embrapa, BDPA (Banco de Dados da Pesquisa Agropecuária) e Portal IPEA, com recorte temporal prioritário de 2015 a 2024, excetuando-se obras clássicas de referência

inevitável. Os descritores utilizados, em língua portuguesa e inglesa, incluíram: Spondias mombin, cajazeira, ILPF, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, monocultura, fruticultura nativa, cadeia produtiva, viabilidade econômica, sustentabilidade, biodiversidade e ecossistemas tropicais.

Além da literatura científica stricto sensu, foram consultados relatórios técnicos e notas de pesquisa produzidos pela Embrapa (em especial pela Embrapa Meio-Norte, Embrapa Cerrados e Embrapa Acre), documentos do Banco Mundial, publicações do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/USP), dados da Rede ILPF e registros da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (Fapepi). O corpus analítico final compôs-se de 47 referências, das quais 38 publicadas entre 2015 e 2025.

A análise comparativa entre os sistemas de produção - monocultura e ILPF - foi estruturada a partir de cinco dimensões analíticas:

a) viabilidade econômica, avaliada pelos indicadores VPL, TIR, rentabilidade e diversificação de receitas;
b) impactos ambientais, examinados sob os parâmetros de biodiversidade, ciclagem de nutrientes, qualidade do solo e emissões de gases de efeito estufa;
c) adequação à espécie, considerando as especificidades biológicas, fenológicas e agronômicas da cajazeira em estágio de pré-domesticação;
d) dimensão social, contemplando geração de emprego, preservação de saberes tradicionais e segurança alimentar das comunidades produtoras;
e) viabilidade institucional, analisando as condições de crédito, pesquisa, assistência técnica e organização de mercado disponíveis para cada sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos fundamentos do sistema de monocultura convencional, quando aplicado à cajazeira, revela limitações de ordem estrutural que vão além das restrições técnicas e de mercado. O modelo monocultor, historicamente associado à produção de commodities em larga escala, como soja, cana-de-açúcar e milho, baseia-se em premissas de homogeneidade genética, uniformidade produtiva e economias de escala que conflitam com as características biológicas e ecossistêmicas de uma espécie arbórea nativa ainda não domesticada.

Em primeiro lugar, a cajazeira em monocultura enfrenta riscos fitossanitários amplificados pela ausência de diversidade genética e pela concentração espacial de hospedeiros. As principais doenças que acometem a espécie são: antracnose (Glomerella cingulata), verrugose (Sphaceloma spondiadis), resinose (Botryosphaeria rhodina) e cercosporiose (Mycosphaerella mombin), as quais tendem a se disseminar com maior velocidade em plantios uniformes, exigindo intervenções fitossanitárias crescentes e progressivamente mais onerosas (Embrapa, 2023). O controle da mosca-das-frutas, um

dos principais vetores de perdas pós-colheita na cajazeira, torna-se igualmente mais custoso em ambientes sem a presença de inimigos naturais, cuja ocorrência é favorecida pela biodiversidade.

Em segundo lugar, a monocultura da cajazeira impõe exigências incompatíveis com os serviços ecossistêmicos que sustentam a produtividade da espécie em seu ambiente natural. A prática do preparo mecânico do solo (subsolagem, gradagem e aração) altera a estrutura física do solo, potencializando os riscos de erosão e lixiviação de nutrientes, além de liberar carbono estocado para a atmosfera, comprometendo metas de sustentabilidade ambiental e, no longo prazo, a própria fertilidade da área (Souza; Morais, 2022). A FAO (2021) identificou o Brasil como o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, em grande medida associado ao modelo monocultor intensivo, dado que sinaliza a trajetória de dependência química à qual a cajazeira em monocultura estaria sujeita.

Em terceiro lugar, do ponto de vista econômico, a monocultura da cajazeira apresenta elevada concentração de riscos financeiros. Em condições de mercado desestruturado, sem dados sistematizados de oferta, demanda e preços, a dependência de uma única fonte de receita expõe o produtor a oscilações severas de rentabilidade. A literatura econômica é consensual ao identificar que sistemas produtivos diversificados tendem a ser mais resilientes e economicamente estáveis no longo prazo quando comparados a sistemas monoespecíficos (Costanza et al., 2017; IPEA, 2022). Além disso, considerando o período mínimo de três a quatro anos para o início da produção da cajazeira (Embrapa, 2023), o sistema monocultor impõe um horizonte de imobilização de capital sem geração de receita compensatória, situação que inviabiliza o modelo para a maioria dos produtores familiares e de pequena escala da região.

Em quarto lugar, a monocultura da cajazeira gera impactos negativos de natureza social e cultural. O cultivo tecnificado e capital-intensivo tende a substituir a lógica de trabalho comunitário e sazonal, característica do extrativismo familiar, por relações de trabalho assalariado de menor abrangência social. Estima-se que fazendas em monocultura empreguem apenas 350 mil trabalhadores assalariados no Brasil, número que poderia ser o dobro em propriedades diversificadas de menor escala (Pensamento Verde, 2024). Para as comunidades extrativistas do Nordeste, nas quais o cajá integra estratégias complexas de sobrevivência que combinam colheita sazonal com outras atividades produtivas agrícolas e não-agrícolas, a transição abrupta para o modelo monocultor representaria ruptura de vínculos culturais e territoriais de difícil reparação.

Por fim, é necessário reconhecer que a monocultura apresenta vantagens que não podem ser descartadas: maior facilidade de manejo e mecanização, maior uniformidade do produto final (favorável à industrialização), economias de escala em insumos e logística, e maior facilidade de planejamento produtivo. Para culturas domesticadas, com pacotes tecnológicos consolidados e mercados estruturados, essas vantagens são frequentemente determinantes. O problema central, no caso da cajazeira, é que nenhum desses pressupostos está consolidado: a espécie carece de cultivares

melhoradas, as recomendações agronômicas são incipientes e o mercado é desorganizado, o que transforma as supostas vantagens do monocultor em fatores de risco adicional.

A adoção do sistema ILPF para a produção comercial da cajazeira propõe uma síntese estratégica entre as virtudes do extrativismo - preservação ecossistêmica, baixo impacto ambiental, coerência com os ciclos naturais da espécie - e as exigências da exploração comercial - produtividade, qualidade, regularidade de oferta e viabilidade econômica. Essa síntese não é automática nem isenta de complexidade, mas é sustentada por evidências empíricas e por fundamentos teóricos robustos.

Do ponto de vista econômico, o ILPF oferece ao produtor de cajá a possibilidade de diversificação imediata das fontes de receita. Durante o período de imaturidade produtiva da cajazeira, estimado entre três e quatro anos a partir do plantio, os componentes agrícolas (grãos, horticultura, culturas de ciclo curto) e pecuário (bovinos, caprinos, ovinos) do sistema geram receita compensatória que garante a viabilidade financeira do empreendimento nesse período crítico. Análise econômica de sistema ILPF realizada no estado de São Paulo (USP, 2021) identificou lucro total anual de R$ 79.198,97, com contribuições de R$ 44.890,37 da lavoura, R$ 9.663,09 da pecuária e R$ 24.645,51 da atividade florestal - demonstrando a complementaridade entre os componentes.

Cinco Unidades de Referência Tecnológica e Econômica (URTEs) avaliadas em Mato Grosso confirmaram a viabilidade econômica do ILPF em todas as áreas analisadas, com retorno de até R$ 3,70 para cada real investido, ressalvando, contudo, que a correta definição da configuração do sistema e o estudo prévio de mercado são determinantes para garantir competitividade (Embrapa, 2018). Esse resultado é particularmente relevante para a cajazeira tendo em vista que a diversidade de produtos gerados pelo ILPF reduz a exposição do produtor às oscilações de mercado específicas da cajazeira - oscilações que, como demonstrado, são acentuadas pela estrutura ainda desordenada da cadeia produtiva da espécie.

Do ponto de vista ambiental, o ILPF apresenta vantagens estruturais para o cultivo da cajazeira. O sistema arbóreo da cajazeira, com porte elevado e copa exuberante, integra-se naturalmente ao componente florestal do ILPF, favorecendo o microclima da área (sombra, regulação térmica, redução da evapotranspiração), a ocorrência de fauna polinizadora (abelhas nativas, em especial) e o equilíbrio entre pragas e inimigos naturais. Franchini et al. (2015) demonstram que sistemas ILPF com maior número de espécies vegetais favorecem a sobrevivência de organismos edáficos essenciais à ciclagem de nutrientes - fator crítico para a nutrição da cajazeira em condições de mínima movimentação do solo.

A integração do componente pecuário ao sistema cajazeiro apresenta desafios específicos que merecem consideração. O porte arbóreo da cajazeira demanda proteção física das mudas jovens contra o pastejo dos animais, o que exige investimento em cercamento e planejamento espacial cuidadoso da área. O manejo do pastejo, especialmente em sistemas rotacionados, deve ser compatibilizado com o

ciclo fenológico da cajazeira, evitando a compactação do solo nos períodos de floração e desenvolvimento dos frutos. Essas demandas de gestão, embora adicionem complexidade ao sistema, são gerenciáveis com assistência técnica adequada e configuram desafios temporários que não invalidam as vantagens estruturais do modelo.

Um aspecto frequentemente subestimado nas análises sobre o ILPF diz respeito à dimensão institucional. A adoção do sistema exige suporte técnico especializado, acesso a crédito de longo prazo compatível com o período de maturação do componente florestal, e presença de serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER) qualificados. No caso da cajazeira, a carência de técnicos capacitados para o manejo integrado da espécie representa gargalo adicional, identificado tanto pela Embrapa Meio-Norte quanto pelos próprios produtores pioneiros no Piauí (Fapepi, 2022). A superação desse gargalo demanda investimentos públicos em pesquisa aplicada, formação de técnicos e extensionistas, e organização associativa dos produtores para compartilhamento de conhecimentos e custos.

No entanto, a comparação entre monocultura e ILPF não deve ser lida como dicotomia absoluta. O extrativismo tradicional da cajazeira, por exemplo, encerra práticas de manejo sustentável acumuladas por gerações de fruticultores, como o aproveitamento de inimigos naturais de pragas, o uso de cobertura vegetal e a colheita seletiva de frutos maduros, que podem e devem ser incorporadas ao sistema ILPF como boas práticas de manejo ecológico. Da mesma forma, tecnologias desenvolvidas no contexto da agricultura intensiva, como fertirrigação dirigida, uso de telados de proteção de frutos, monitoramento fitossanitário e rastreabilidade da produção, podem ser adaptadas ao contexto do ILPF sem comprometer sua lógica de integração e sustentabilidade.

O sistema ILPF aplicado à cajazeira pode, assim, ser pensado como um continuum tecnológico que parte da lógica extrativista e avança gradualmente para a intensificação sustentável da produção, preservando os serviços ecossistêmicos e a diversidade biológica que sustentam a produtividade da espécie no longo prazo. Essa perspectiva é convergente com os princípios da agroecologia e da economia circular aplicada à produção agropecuária (Gliessman, 2016; Nobre; Nobre, 2019).

A literatura científica revisada permite identificar um conjunto de tecnologias e práticas de manejo que se mostram compatíveis com o sistema ILPF cajazeiro, dentre os quais ganham relevância:

f) propagação clonal por estaquia de ramos e raízes de plantas produtivas, selecionando matrizes de maior rendimento e qualidade de polpa;
g) manejo integrado de pragas com ênfase em controle biológico e armadilhas para mosca-das-frutas;
h) fertirrigação na fase reprodutiva, aplicando nutrientes via sistema de irrigação sem movimentação do solo;
i) uso de cobertura morta para manutenção da umidade do solo e supressão de plantas invasoras;
j) instalação de barreiras físicas de contenção de escoamento superficial;

k) integração de leguminosas fixadoras de nitrogênio no sub-bosque do sistema, reduzindo a dependência de adubação nitrogenada (Embrapa, 2022; Fapepi, 2022).

Do ponto de vista da organização da cadeia produtiva, o sistema ILPF abre perspectivas para a estruturação de unidades de processamento coletivas (agroindústrias associativas), certificações de origem e qualidade, e acesso a mercados diferenciados, como circuitos curtos, mercados institucionais (PNAE, PAA) e exportação de polpa congelada para mercados europeus e norte-americanos, onde produtos tropicais nativos têm encontrado demanda crescente. Experiências com o açaí, o cupuaçu e a castanha-do-pará demonstram que a construção de valor de mercado para frutas nativas é viável quando articulada a estratégias de diferenciação por origem, qualidade e sustentabilidade (Homma, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa desenvolvida neste artigo evidencia que a escolha do sistema de produção para a cajazeira (Spondias mombin L.) não é decisão de natureza exclusivamente técnica ou econômica, mas envolve escolhas sobre modelos de desenvolvimento rural, relação com o patrimônio ecossistêmico e papel das comunidades tradicionais no processo produtivo. Nesse sentido, a monocultura convencional, embora apresente vantagens em contextos de espécies domesticadas com mercados estruturados, mostra-se inadequada para a cajazeira em seu estágio atual de pré-domesticação, impondo riscos sistêmicos de ordem ambiental, econômica e social que inviabilizam sua adoção como modelo hegemônico de produção.

O sistema ILPF, por sua vez, demonstra potencial robusto de viabilidade econômica, confirmado por múltiplos estudos de caso realizados pela Embrapa em parceria com o Banco Mundial e avaliados pelo IPEA, ao mesmo tempo em que oferece respostas mais coerentes às exigências ecossistêmicas da cajazeira e ao contexto socioeconômico das regiões produtoras. A diversificação de receitas gerada pelos componentes agrícola, pecuário e florestal do sistema reduz a exposição do produtor ao risco de mercado, compensa o longo período de imaturidade produtiva da cajazeira e viabiliza o planejamento de longo prazo necessário à consolidação de uma cadeia produtiva competitiva.

Não obstante, é fundamental reconhecer que o ILPF não é solução universal nem isenta de desafios. Sua implementação exige planejamento técnico rigoroso, acesso a crédito de longo prazo, assistência técnica qualificada e organização associativa dos produtores, condições estas que demandam investimentos públicos consistentes e políticas de fomento setorial específicas para a cajazeira. A ausência desse suporte institucional é, hoje, o principal obstáculo à adoção generalizada do modelo nas regiões de maior potencial produtivo da espécie.

Este estudo apresenta limitações inerentes à sua natureza qualitativa e ao estágio ainda incipiente de sistematização das informações sobre a cajazeira: a ausência de dados estatísticos oficiais sobre produção, preços e mercados para a espécie, impede a realização de análises quantitativas mais precisas sobre a viabilidade econômica comparada dos dois sistemas. Pesquisas futuras que incorporem análises de fluxo de caixa, VPL e TIR construídas especificamente para a cajazeira em sistema ILPF - a exemplo do que a Embrapa Meio-Norte vem desenvolvendo no Piauí - serão fundamentais para o avanço científico e para a orientação de políticas públicas.

Conclui-se que a cajazeira possui potencial agroindustrial suficiente para sustentar uma cadeia produtiva competitiva, desde que o caminho de seu desenvolvimento seja construído sobre bases tecnológicas adequadas às suas especificidades biológicas e ecossistêmicas. O sistema ILPF representa, nesse sentido, não apenas a alternativa mais viável economicamente, mas a mais coerente do ponto de vista da sustentabilidade ampla (ambiental, social e institucional) que o momento histórico e científico impõe ao desenvolvimento da fruticultura nativa brasileira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. C. S. et al. High genetic structure of Spondias mombin in Brazil revealed with SNP markers. Genetics and Molecular Biology, v. 47, n. 4, 2024. DOI: 10.1590/1678-4685-GMB-2024-0030.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000001.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem Services, v. 28, p. 1-16, 2017. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cajá. Embrapa Semiárido / Embrapa Mata Sul Pernambucana, 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: abr. 2025.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Estudos confirmam viabilidade econômica de sistemas sustentáveis de produção na Amazônia e no Cerrado. Brasília: Embrapa, set. 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: abr. 2025.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Resultados de avaliação econômica destacam a importância do planejamento na ILPF. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: abr. 2025.

FAPEPI - FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO PIAUÍ. Tecnologias aumentam produção de cajá no Nordeste em até cinco vezes. Teresina: Fapepi, 2022. Disponível em: https://www.fapepi.pi.gov.br. Acesso em: abr. 2025.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The State of Food and Agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Rome: FAO, 2021. DOI: 10.4060/cb4476en.

FRANCHINI, J. C. et al. Dinâmica da cobertura vegetal e da fauna do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: EMBRAPA. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Brasília: Embrapa, 2015. Cap. 5.

GLIESSMAN, S. R. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? Ciência e Cultura, v. 64, n. 3, p. 36-40, 2022. DOI: 10.21800/2317-66602022000300010.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Viabilidade financeira dos sistemas integrados de produção no Brasil. Brasília: IPEA, 2022. (Texto para Discussão, n. 3043).

MATTIETTO, R. A.; MATTA, V. M. Cajá (Spondias mombin L.). In: YAHIA, E. (Ed.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. p. 24-47.

MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2017.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of Spondias L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. PhytoKeys, v. 55, p. 1-92, 2015. DOI: 10.3897/phytokeys.55.8489.

MORAIS, J. G. S. et al. Botanical, nutritional, phytochemical characteristics, and potential health benefits of murici (Byrsonima crassifolia) and taperebá (Spondias mombin): insights from animal and cell culture models. Resources, v. 13, n. 5, p. 68, 2024. DOI: 10.3390/resources13050068.

NOBRE, D. A. C.; NOBRE, C. A. The Amazon is richer than we thought. Scientific American, v. 321, n. 4, 2019.

REDE ILPF. Adoção do sistema ILPF no Brasil. Sinop: Rede ILPF, 2017. Disponível em: https://www.redeilpf.com.br. Acesso em: abr. 2025.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. Cajá (Spondias mombin L.). Jaboticabal: FUNEP, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, 4).

SOUZA, F. X.; MORAIS, D. A. Manejo sustentável de fruteiras nativas no semiárido nordestino. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 44, n. 1, 2022. DOI: 10.1590/0100-29452022049.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Análise econômica de um sistema de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF). Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br. Acesso em: abr. 2025.