

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DE AÇAÍ BASEADA NA DINÂMICA DE SISTEMAS

ECONOMIC-FINANCIAL VIABILITY FOR IMPLEMENTING AÇAÍ CULTURE BASED ON SYSTEM DYNAMICS

ALEKSANDR KEWIN DUARTE CARVALHO
akdc_sandr@hotmail.com
Universidade Federal do Pará (UFPA)
<https://orcid.org/0009-0003-9670-7915>

CRISTIANO DESCOVI SCHIMITH
cristiano.schimith@gmail.com
Universidade Federal do Pará (UFPA)
<https://orcid.org/0000-0002-2545-942X>

LILAINE DE SOUSA NERES
lilaineneres@hotmail.com
Universidade Federal do Pará
<https://orcid.org/0009-0001-3021-7222>

RESUMO

Objetivo: Avaliar a viabilidade econômico-financeira do cultivo do açaí no Pará, em uma área de 1 hectare.

Proposta: Identificar o comportamento, interação e viabilidade do cultivo do açaí nos estágios implantação e manejo, a partir da teoria da dinâmica de sistemas (DS) e dados do Programa PRO-AÇAÍ.

Abordagem teórica: Utilizou-se a DS para modelar o sistema de cultivo do açaí e analisar a interação dinâmica da cadeia.

Provocação: Observou-se uma lacuna na literatura sobre a dinâmica do cultivo de açaí sobre as interações complexas e ciclos de *feedback* entre seus componentes, limitando a compreensão dos fatores que afetam a viabilidade econômica do cultivo e a tomada de decisões.

Métodos: Utilizou-se métodos qualitativo (modelagem *soft*) e quantitativo (modelagem *hard*), em duas etapas: uma de modelagem de comportamento do sistema e outra para análise de variáveis e projeções financeiras.

Resultados: Foram identificados padrões no sistema produtivo de açaí, sugerindo que a recuperação do investimento ocorre em vários pontos, dependendo do modelo de implantação e manejo. A modelagem de custos e despesas ao longo do tempo fornece uma compreensão dos impactos financeiros, o que pode orientar as decisões de investidores e produtores.

Conclusões: Esta pesquisa contribui para a literatura sobre viabilidade econômica ao aplicar a DS para modelar as interações complexas na cadeia produtiva do açaí. Os resultados oferecem métricas de produtividade para a tomada de decisões de agricultores e investidores. Além disso, destaca a necessidade de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento sustentável da cadeia, promovendo benefícios econômicos e sociais.

Palavras-chave: Cultivo de açaí. Análise financeira. Dinâmica de Sistemas. Gestão da cadeia de suprimentos.

ABSTRACT

Objective: To assess the economic-financial feasibility of açaí cultivation in Pará, on an area of 1 hectare.

Proposal: To identify the behavior, interaction, and feasibility of açaí cultivation at the stages of implementation and management, based on the systems dynamics (SD) theory and data from the PRO-AÇAÍ Program.

Theoretical Approach: SD was employed to model the açaí cultivation system and analyze the dynamic interaction within the production chain.

Provocation: A gap was observed in the literature regarding the dynamics of açaí cultivation, particularly concerning the complex interactions and feedback cycles between its components, which limits the understanding of the factors influencing the economic viability of the cultivation and decision-making processes.

Methods: Qualitative (soft modeling) and quantitative (hard modeling) methods were used in two stages: one for system behavior modeling and another for variable analysis and financial projections.

Results: Patterns in the açaí production system were identified, suggesting that the recovery of investment occurs at various points, depending on the implementation and management model. The modeling of costs and expenses over time provides an understanding of the financial impacts, which can guide the decisions of investors and producers.

Conclusions: This research contributes to the literature on economic feasibility by applying SD to model the complex interactions within the açaí production chain. The results offer productivity metrics to inform decision-making by farmers and investors. Additionally, the study highlights the need for public policies that support the sustainable development of the açaí chain, promoting economic and social benefits.

Keywords: Açaí cultivation. Financial analysis. Systems Dynamics. Supply chain management.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços na ciência e tecnologia têm contribuído para a valorização da agricultura familiar e das populações rurais, para o desenvolvimento nacional e para o reconhecimento econômico e social dos produtores (Carvalho et al., 2019; Cavalcante Filho et al., 2021). A agricultura familiar produz menor impacto ambiental pela diversidade de cultivos e proteção de recursos naturais não renováveis (Alves Moura et al., 2021). O agricultor familiar tem a possibilidade de transitar de uma atividade de subsistência – foco no sustento familiar – para uma atividade empreendedora. Contudo, frente às exigências do mercado, deve-se considerar as características da demanda, tornando a produção familiar competitiva para alcançar a sustentabilidade do negócio (Nunes et al., 2023).

No estado do Pará, a atividade agrícola possui cultivo diversificado, entre os quais se destaca o açaí que, culturalmente, é parte da alimentação local. O Pará lidera a produção nacional do açaí com 90,4% da produção nacional e área plantada (Açaí de Terra Firme + Açaí manejado em várzeas) superior a 212 mil hectares. Em 2022, o incremento na produção foi de 217,8 mil

toneladas. Em 2023, os produtos exportados oriundos do beneficiamento do açaí paraense saltaram para pouco mais de 61 mil toneladas destinados aos mercados nacional e internacional (FAPESPA, 2024).

Assim, o mercado de açaí continua em expansão, motivando agricultores ao manejo de açazeiros nas propriedades (Tavares et al., 2022). Um dos fatores que explica esse fenômeno é a cultura local que eleva a motivação para o consumo do açaí acima da necessidade alimentar, tais como os benefícios estéticos e de saúde (Barreto et al., 2019). Complementa-se ainda uma demanda insatisfeita que suporta variações de preço sem comprometer o volume de vendas do produto, sendo favorável para o crescimento da produção do açaí (Almeida et al., 2021).

Estudos anteriores se concentraram em análises estáticas de investimentos agrícolas sem considerar as interações dinâmicas e os ciclos de *feedback* presentes no sistema agrícola do açaí (Almeida et al., 2021; Cantuária et al., (2022); Fernandes, 2020; Maciel et al., 2015; Silva et al., 2024), o que limita a compreensão de como vários fatores influenciam a viabilidade do projeto ao longo do tempo. O presente estudo identifica essa lacuna, enfatizando a necessidade de uma análise integrada que capture as complexidades da cadeia de suprimentos do açaí e suas implicações econômicas.

Diante disso, a discussão principal deste trabalho é: qual a viabilidade econômica e financeira do investimento na cultura do açaí? O objetivo desta pesquisa é avaliar a viabilidade econômico-financeira do cultivo do açaí no Pará, com foco em uma área de 1 hectare. O estudo contribui de forma teórica e prática ao empregar a Dinâmica de Sistemas (DS) (Forrester, 1968) para modelar o sistema de produção de açaí, o que permite uma análise abrangente das interações entre os diferentes elementos da cadeia. Essa metodologia tem sido aplicada nas áreas ambiental, militar, negócios, ciência da informação, agricultura, etc. (Azuara-García et al., 2022; Cadenas Anaya & Guaita, 2021; Ramoni Perazzi & Merli, 2021; Roman Filho et al., 2022).

Ao identificar padrões e comportamentos na cadeia de suprimentos do açaí, a pesquisa oferece *insights* sobre os cronogramas de recuperação de investimentos e o impacto da disponibilidade financeira nos processos de produção, uma perspectiva importante para as partes interessadas na tomada de decisões sobre investimentos na agricultura de açaí. Esta seção aborda os aspectos introdutórios da pesquisa. Na sequência, apresenta-se o referencial teórico. A terceira seção trata da metodologia utilizada na pesquisa. Por fim, descreve-se os resultados e a discussão, apresentando, por conseguinte, as considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cadeia de Suprimentos do Açaí

O mercado é definido como um “grupo de compradores e vendedores que têm potencial para negociar uns com os outros” (Cruz & Schneider, 2022). Assim, pode-se depreender que o mercado é um espaço de interação e troca, fruto de uma construção social gerada pela relação entre indivíduos, caracterizada pelos efeitos da demanda e da oferta, no qual a principal variável

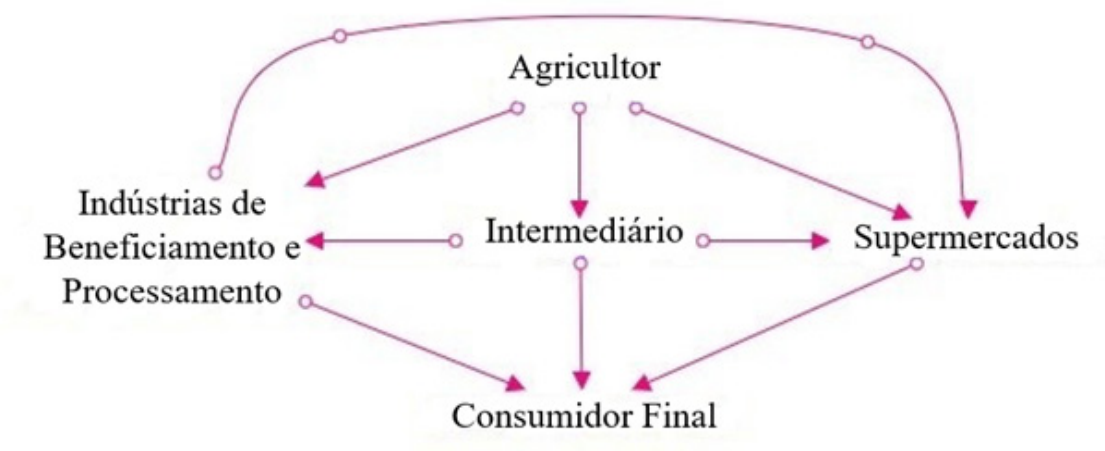
é o preço do produto (Mendonça et al., 2021). Nesse sentido, estudar a cadeia de comercialização de produtos requer discriminar cada elo envolvido no processo, identificar e retratar o percurso da mercadoria nos diferentes níveis de mercado, ressaltando que quanto maior a necessidade de beneficiamento de um produto menor será a participação do mesmo sobre o preço final (Silva et al., 2020).

O açaí é um fruto de nível mundial, com um grande mercado potencial e inexplorado, o que indica uma ampla possibilidade de expansão. Assim, deve seguir o caminho de outras plantas amazônicas que foram inseridas na cultura nacional e internacional, como ocorreu com a borracha, cacau, mandioca, castanha-do-pará, guaraná e pupunha (Tavares et al., 2022). A cultura sazonal sofre variação de valores conforme a demanda e oferta. Devido a sua importância, a cadeia produtiva do açaí vem sendo impulsionada por agentes e programas de Estado do Pará, como o Banco da Amazônia, a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará, Agência de Defesa Agropecuária e da Pesca, entre outros (Tagore et al., 2020).

Em face do risco de interrupção na cadeia de abastecimento do agronegócio, Cantuária et al., (2022) estudaram os principais riscos de ruptura na produção de açaí, sob a visão de gestores de empresas beneficiadoras do estado do Pará. A avaliação apontou uma elevada vulnerabilidade na cadeia do açaí, com foco nos riscos político, institucional e regulatório, de infraestrutura, logística e financeiro, com exceção dos riscos ligados a antibióticos/agrotóxicos e à demanda. Apesar dos administradores reconhecerem a fragilidade da cadeia, não empregam nenhum método ou procedimento de gestão de riscos.

Na cidade de Rio Branco, estado do Acre, ocorreu o mapeamento da cadeia de comercialização do açaí e derivados, identificando o *markup* de comercialização (Figura 1). Os resultados demonstraram que a cadeia de comercialização do produto é complexa, possui vários agentes mercantis e há espaço para expansão do produto (Maciel et al., 2015).

Figura 1 – Interações entre os agentes da cadeia de comercialização do açaí



Fonte: Adaptado de Maciel et al., 2015.

Na Região Metropolitana de Belém (RMB), segundo a ótica dos batedores de açai, a formação de preço é ligada apenas a custos com base em registros e métodos fundamentados na experiência e necessidade percebida, carecendo de treinamento e educação formal na área, evidenciando a necessidade de apoio de órgãos de fomento ao empreendedorismo e definição de políticas públicas para desenvolvimento e aprimoramento da atividade (Silva et al., 2024). Em uma relação de mercado, o conhecimento de técnicas apropriadas pode influenciar toda a cadeia produtiva, destacando a importância de estudar a cadeia do açai devido ao compromisso de desenvolvimento sustentável visando as gerações presente e futura.

Fazer a escolha de investir ou não em determinado projeto acarreta diversos riscos, portanto, tal escolha deve estar fundamentada em análises de viabilidade para verificar o retorno do investimento e o custo de oportunidade do projeto (Rabassi et al., 2020). Uma pesquisa de campo no município de Abaetetuba-PA demonstrou que a produtividade do açai, considerando 400 plantas/hectare, foi em média de 9,8 kg/planta/ano, resultando em torno de 0,7 latas de açai. Considerando que o custo de produção ao ano fica em torno de R\$ 2.040,00 com produção de R\$ 3.920 kg, o rendimento pode ser considerado bom, chegando a R\$ 3.718,31, quando comparado a outras atividades (Tagore et al., 2020).

A avaliação dos custos de transação na formação dos custos totais de um ponto de açai em Belém, Pará, forneceu dados valiosos para a administração de um ponto de açai. No entanto, a falta de controle sobre variáveis incontornáveis, como o custo de compra da rasa e a definição do preço do litro no varejo, influenciados pela sazonalidade do clima da Amazônia, sugere a necessidade de novas investigações para avaliar também os custos exógenos de transação (Fernandes, 2020).

Produtores rurais encontram problemas, tais como, falta de preparo e conhecimento, gerenciamento de pessoal, produção, desperdícios, concorrência, preço alto para manutenção e aquisição de maquinários, custos de produção, entre outros (De Melo et al., 2021), que resultam em rendimentos monetários insuficientes para a manutenção da produção, além de consequências sociais ligadas a educação, saúde, alimentação, trabalho, moradia, transporte, lazer, segurança, previdência social, proteção à maternidade e à infância e assistência aos desamparados (CRFB/1988).

Compreender os custos diretos e indiretos relacionados ao manejo do açai é fundamental para melhorar a capacidade produtiva e subsidiar as decisões do produtor (Silva Barbosa et al., 2023). A partir das variáveis de rendimento e produtividade, é possível apresentar uma proposta de modelagem baseada na técnica de Dinâmica de Sistemas (DS), que permite a simulação, análise e discussão de problemas a fim de orientar decisões concernentes à análise econômica (Justi et al., 2023; Meireles et al., 2023).

3 DINÂMICA DE SISTEMAS (DS)

A DS é um método que permite modelar e simular modelos complexos e dinâmicos (Nascimento & Santos, 2020); o pensamento sistêmico estabelece os seus elementos como objetos unidos por meio de fluxos de causa e efeito que se retroalimentam através de enlaces causais

(Forrester, 1968). Originalmente, a metodologia foi utilizada no ambiente industrial e tomou como base conceitos da teoria de controle (Nascimento & Santos, 2020), *feedback* e controle de informações, o que a torna útil na avaliação de negócios (Meiros et al., 2023).

A abordagem da DS busca estudar as estruturas dos sistemas organizacionais por meio das relações causais entre variáveis e fluxos (Meiros et al., 2023). Assim, parte do pressuposto que determinada variável pode ser associada a outra, influenciando e sendo influenciada, resultando em uma estrutura cuja dinâmica pode ser organizada em diagramas com simbologia específica e modelos matemáticos, portanto, para representar a dinâmica de trocas que ocorrem nos sistemas reais, a DS utiliza instrumentos de simulação (Ramoni Perazzi & Merli, 2021).

O instrumento de simulação computacional proporciona trabalhar com as relações de causa e efeito entre as variáveis, o que reduz o rigor matemático para chegar a um determinado resultado, sendo possível visualizá-lo por uma perspectiva temporal (Batista & Gomes, 2020). A DS permite introduzir melhorias no processo produtivo por meio de modelagens que melhorem o desempenho, otimizem a gestão e o conhecimento detalhado do comportamento do sistema (Nascimento & Santos, 2020), uma vez que o modelo é construído, diferentes cenários podem ser analisados e usados para testar decisões diferentes (Meiros et al., 2023).

Estudos recentes sobre cultivo agrícola e DS destacam a importância de práticas sustentáveis e gestão de recursos para aumentar a produtividade, sendo efetiva na análise das relações entre os nutrientes do solo, a disponibilidade de água e a produtividade (Hashemi et al., 2019; Suryani et al., 2023), e da sustentabilidade em diferentes cenários, auxiliando na tomada de decisões para empresas do agronegócio (Tursun, 2022).

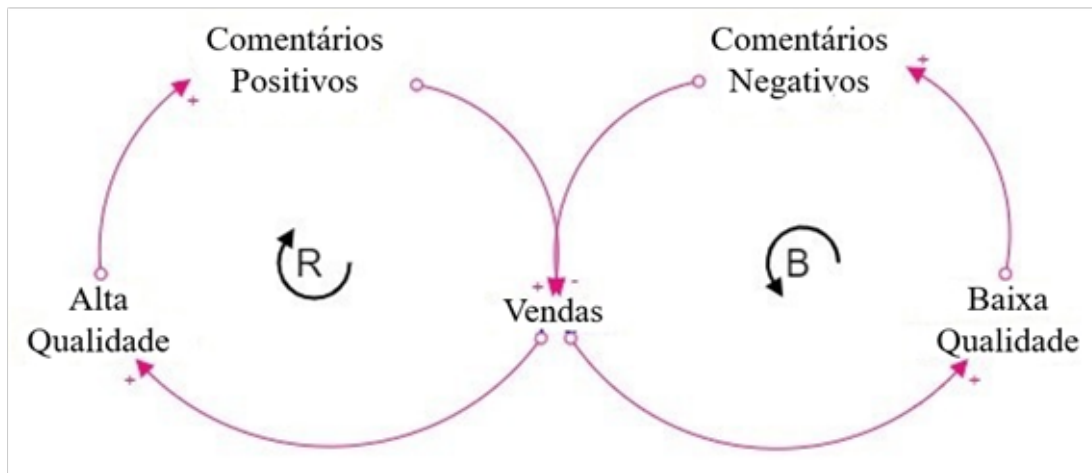
Em DS, a modelagem pode ser elaborada de duas formas: a *soft*, de aspecto qualitativo e aprendizado sistêmico que concede informações iniciais para a delimitação de um problema (Domingos et al., 2019; Senge, 2019); e a *hard* que proporciona, por simulação, informações quantitativas que auxiliam a tomada de decisão (Forrester, 1968; Roman Filho et al., 2022). Apenas a modelagem *soft* não oferece uma compreensão completa do comportamento de um sistema complexo, mas é por meio da simulação que se pode confirmar o comportamento do sistema modelado (Forrester, 1968).

Dessa forma, as duas abordagens não são excludentes, pois um modelo qualitativo pode ser utilizado no início para conceituar e definir um problema, e um modelo quantitativo pode ser empregado em fases posteriores (Roman Filho et al., 2022). A modelagem permite observar a troca de informações de um sistema, analisar cenários futuros pela simulação, agir sobre a origem de um problema antes que ocorra, tornar a tomada de decisão mais assertiva (Maia Tomé, 2018; Ramoni Perazzi & Merli, 2021). A abordagem dupla da DS alinhada permite uma análise mais abrangente da cadeia de suprimentos do açaí, capturando a dinâmica comportamental do sistema e os dados numéricos necessários para a avaliação econômica.

A modelagem *soft* é representada por ciclos de realimentação, ou diagramas de enlaces causais, diagramas de *feedback* ou *loop* (Roman Filho et al., 2022), sendo possível visualizar o sistema de forma simplificada identificando os principais enlaces causais, tornando-se o ponto de partida para encontrar as metas desejadas (Domingos et al., 2019).

Para ilustrar a modelagem *soft*, a Figura 2 apresenta um diagrama de *feedback*, onde se observa um ciclo de retroalimentação que cria um sistema de reforço impulsionado pelos retornos positivos (representado pela letra R no seu centro), e proporciona o aumento no fluxo das vendas; em consequência do aumento do fluxo, a qualidade dessas vendas cai e gera retornos negativos (representado pela letra B no seu centro) que resultam na diminuição das vendas (Maia Tomé, 2018; Ramoni Perazzi & Merli, 2021).

Figura 2 – Exemplo de modelagem *soft*



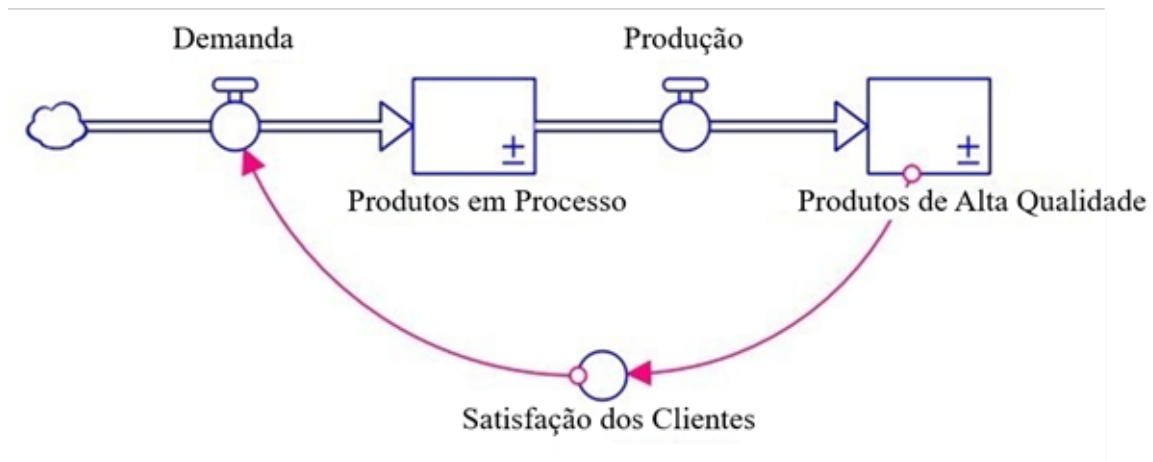
Fonte: Adaptado de Maia Tomé, 2018.

Os diagramas de *feedback* ou *loops* são “positivos” quando o número de sinais negativos é par, porém, se o número de sinais negativos for ímpar, o *loop* é “negativo”. *Loops* negativos tendem a estabilizar o modelo, enquanto *loops* positivos o desestabilizam (Meyreles et al., 2023). O sinal negativo na ponta da seta que conecta duas variáveis representa uma relação inversa entre uma variável e outra, ou seja, enquanto uma cresce, a outra diminui (Domingos et al., 2019). Assim, o conceito de *loop* permite analisar o comportamento dinâmico da estrutura do sistema (equilíbrio ou desequilíbrio), identificar as razões estruturais e tomar a decisão de como proceder para modificar os laços causais (Meyreles et al., 2023).

Seguindo essa linha, a modelagem *hard* se aprofunda no detalhamento do comportamento do sistema, possibilitando uma análise quantitativa contínua com base no diagrama de *feedback* (Nascimento et al., 2021). O sistema pode ser operacionalizado mediante simulação computacional (Roman Filho et al., 2022).

A Figura 3 apresenta um ciclo de *feedback* que mensura os impactos gerados pelo aumento da demanda. A variável “Produtos em Processo” é um tipo de estoque que acumula os fluxos provenientes da “Demanda”, mantendo as condições das demais variáveis, tais como a quantidade de pessoas destinadas ao processo produtivo. O fluxo “Produção” retira do estoque as informações acumuladas. Com o aumento da demanda sem alteração no processo produtivo, o estoque “Produtos de Alta Qualidade” começa a diminuir, e afeta a satisfação dos clientes; por consequência o fluxo “Demanda” ocorre de forma mais lenta, baixando as receitas e afetando a imagem da empresa (Fenner et al., 2020).

Figura 3 – Exemplo de modelagem hard.



Fonte: Adaptado de Fenner et al., 2020.

Outro conceito sistêmico amplamente reconhecido são os arquétipos de sistemas, modelos que definem a operação das estruturas de vários sistemas, cujo objetivo é reprogramar a percepção sobre a análise do sistema, através da detecção de padrões, aprimorar a tomada de decisões e evitar falhas ao eliminar fatores restritivos (Senge, 2019).

A partir da avaliação dos impactos de cada elemento do sistema, surgem ajustes ou intervenções iniciais. Cada ajuste estabelece uma questão de decisão, gerando um diagrama causal (Sterman, 2000) que identifica os ciclos mais frequentes. Após, pode-se associar um ou mais arquétipos para enriquecer o modelo a fim de compreender a DS e a interação entre diversas variáveis/elementos ao longo do tempo e a maneira como os ciclos afetam o rendimento do modelo de negócios (Meiros et al., 2023).

Um exemplo de arquétipo é o “Limite ao Crescimento”, onde ocorre um ciclo de reforço que flui por um determinado período, até se deparar com um ciclo de equilíbrio, que provoca a limitação do crescimento da atividade, impedindo melhorias ou até mesmo anulando o ciclo de reforço (Díaz, 2022). Identificar arquétipos em um sistema produtivo é essencial para entender o comportamento do sistema, aprimorar a tomada de decisões, melhorar o desempenho, facilitar a comunicação, identificar pontos de alavancagem e apoiar a melhoria contínua.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à natureza, esta pesquisa é caracterizada como uma pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimento que contribua para solucionar problemas específicos (Genhardt & Silveira, 2009; Conjo et al., 2022). Quanto à abordagem, os métodos são qualitativos (modelagem *soft*) e quantitativos (modelagem *hard*). Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória e descritiva (Gil, 2022). O procedimento técnico é experimental, pois consiste em determinar um objeto de

estudo, selecionar as variáveis capazes de explicá-lo e definir formas de controle e observação dos efeitos das variáveis sobre o objeto (Gil, 2022); e bibliográfico (Lakatos e Marconi, 2021).

A coleta de dados foi feita via pesquisa documental para identificação e análise das variáveis que incidem tanto sobre o processo de implantação como também o manejo da cultura do açaí (área plantada ou destinada à colheita (hectares), área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), rendimento médio da produção (quilogramas por hectare) e valor da produção (mil Reais), através dos dados da série histórica do Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará - PRÓ-AÇAÍ e do estudo de Tavares et al., (2020).

O PRÓ-AÇAÍ é uma política pública voltada ao aprimoramento do manejo e enriquecimento das plantações de açaí localizados nas mesorregiões Marajó e Baixo Tocantins, estado do Pará, no intuito de estimular o plantio e manejo de açaizeiros em terra firme e nas zonas de várzeas, com foco no desenvolvimento socioeconômico local e regional, além de garantir a preservação do meio ambiente (Pró-açaí, 2024).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram necessárias duas etapas. A primeira, foi o desenvolvimento do diagrama causal, a abordagem *soft*, que utiliza metodologia qualitativa, a fim de entender o comportamento dos elementos referentes a produção do açaí e como a relação das diferentes variáveis desse sistema interagem entre si (Forrester, 1968). A construção deste diagrama seguiu as seguintes etapas: a) estudo documental do comportamento do sistema, b) identificação dos seus componentes e fluxos, c) identificação das estruturas de *feedback* que explicam o comportamento, d) construção do modelo e, e) introdução do modelo no *software Stella Architect* (Camacho Carrasco et al., 2022).

Posteriormente, foi realizada a modelagem *hard*. Nesta etapa, utilizaram-se os dados históricos (Tavares et al., 2020), para cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) que se considera o valor do dinheiro no tempo; a Taxa Interna de Retorno (TIR) que se refere a taxa de juros que irá igualar, em determinado período, os valores presentes das entradas com os das saídas previstas de caixa (Gitman, 2010; Rabassi et al., 2020); e a medida *Payback* descontado, que demonstra o retorno do investimento inicial no decorrer do tempo (Rabassi et al., 2020).

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A utilização da DS foi eficiente para analisar a viabilidade do projeto e o comportamento das diferentes variáveis envolvidas no processo produtivo do açaí conforme o Programa PRÓ-AÇAÍ, bem como identificar a recuperação do investimento realizado na implantação do projeto. O primeiro diagrama elaborado foi o de enlace causal, descrevendo como as variáveis podem se reforçar (R) ou se equilibrar (B) entre si (Figura 4).

Figura 4 – Diagrama de enlace causal



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

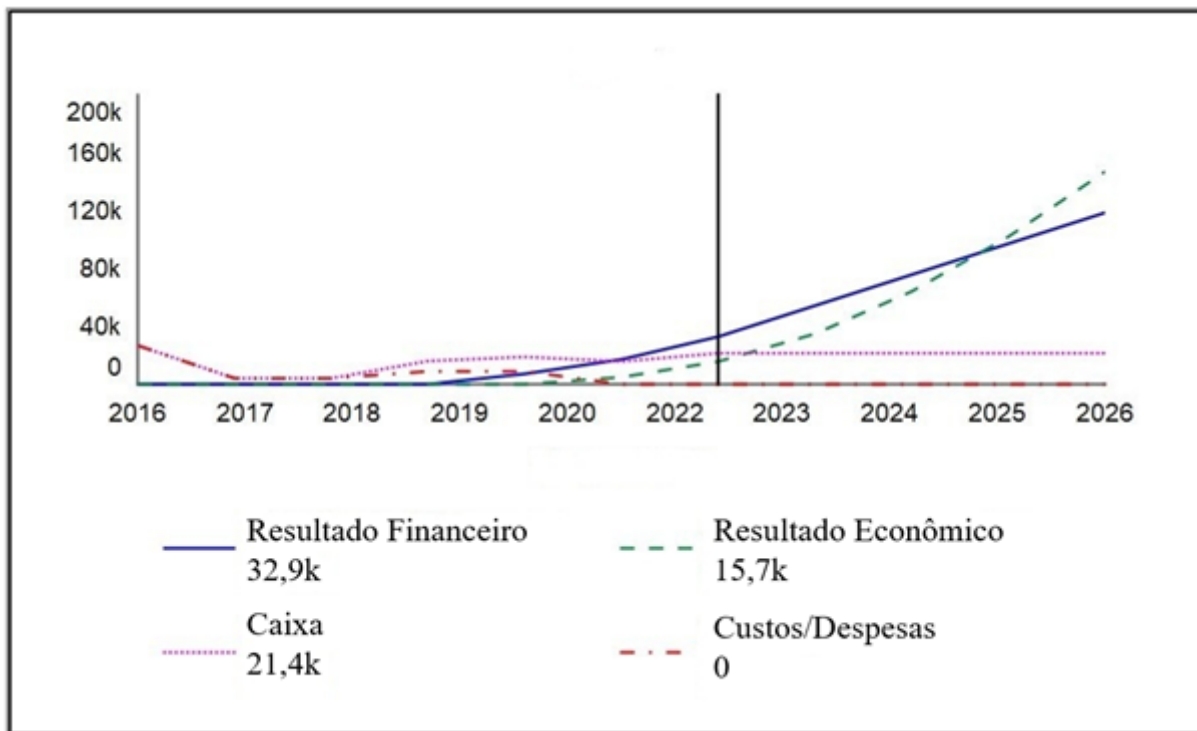
Diante do diagrama, observa-se que, para ocorrerem investimentos em terras para o plantio de açaí, há a necessidade de capital próprio ou de terceiros. Cantuária et al. (2022) identificaram riscos financeiros associados à dificuldade de contratação de crédito agrícola que poderiam apoiar a profissionalização, estudo de mercado e acesso à tecnologia. O Programa PRÓ-AÇAÍ visa à obtenção de recursos financeiros junto ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF. Após o processo de amadurecimento, ocorrem os retornos financeiros pela venda do produto. Porém, até o momento em que a produção está disponível para a venda (amadurecimento), os custos da atividade continuam a incidir, reduzindo as disponibilidades financeiras.

Agroextrativistas do município de Codajás-AM recebem apoio financeiro e técnico do SEBRAE e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), para a implantação de áreas experimentais a fim de desenvolverem técnicas de manejo em áreas de floresta nativas (Costa Ayres et al., 2024).

Além disso, a partir desse diagrama, foi possível observar o arquétipo “Limites ao Crescimento” e foi verificado que a disponibilidade financeira é o fator limitante do processo produtivo, pois, se reduzida ou zerada, afeta os investimentos realizados para a manutenção da atividade reduzindo o volume de produção. É necessário fazer um detalhamento dos custos da atividade e comparar com a disponibilidade financeira do processo produtivo.

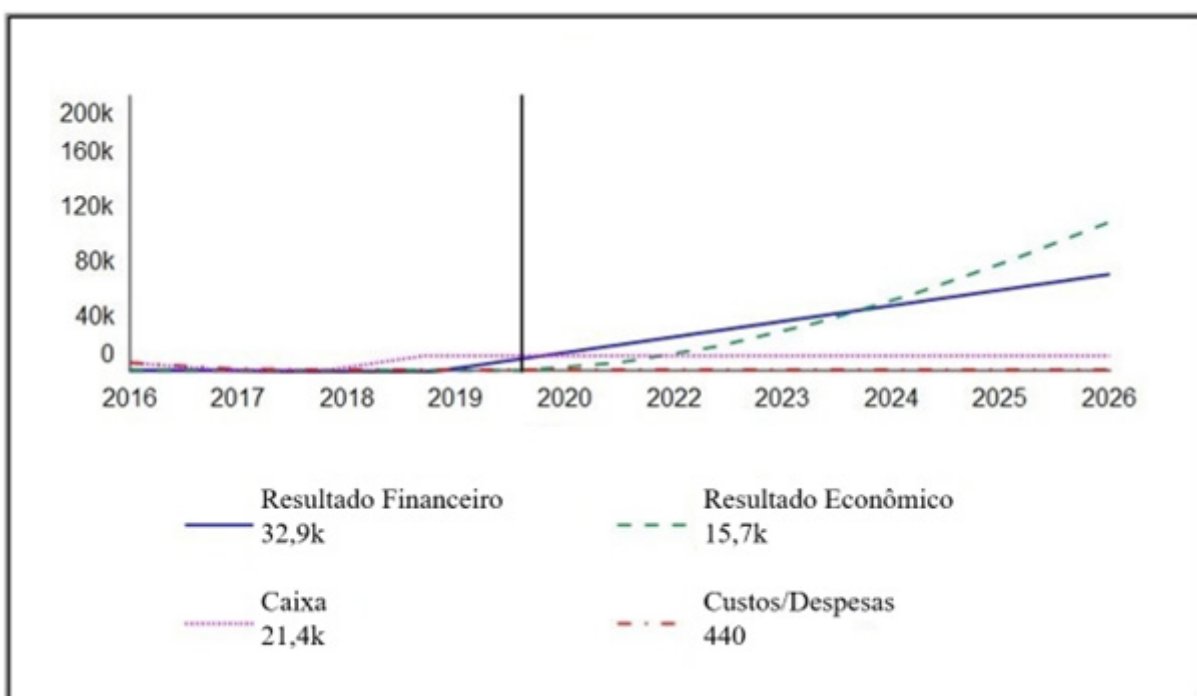
Após, foi realizada a identificação das variáveis do sistema para a elaboração da modelagem computacional. No escopo do programa, as informações sobre os custos e despesas para a implantação (Gráfico 1) se diferenciam do manejo (Gráfico 2), visto que o manejo possui um menor custo e menos produtividade.

Gráfico 1 – Indicadores da Modelagem hard (Implantação)



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Gráfico 2 – Indicadores da Modelagem hard (Manejo)



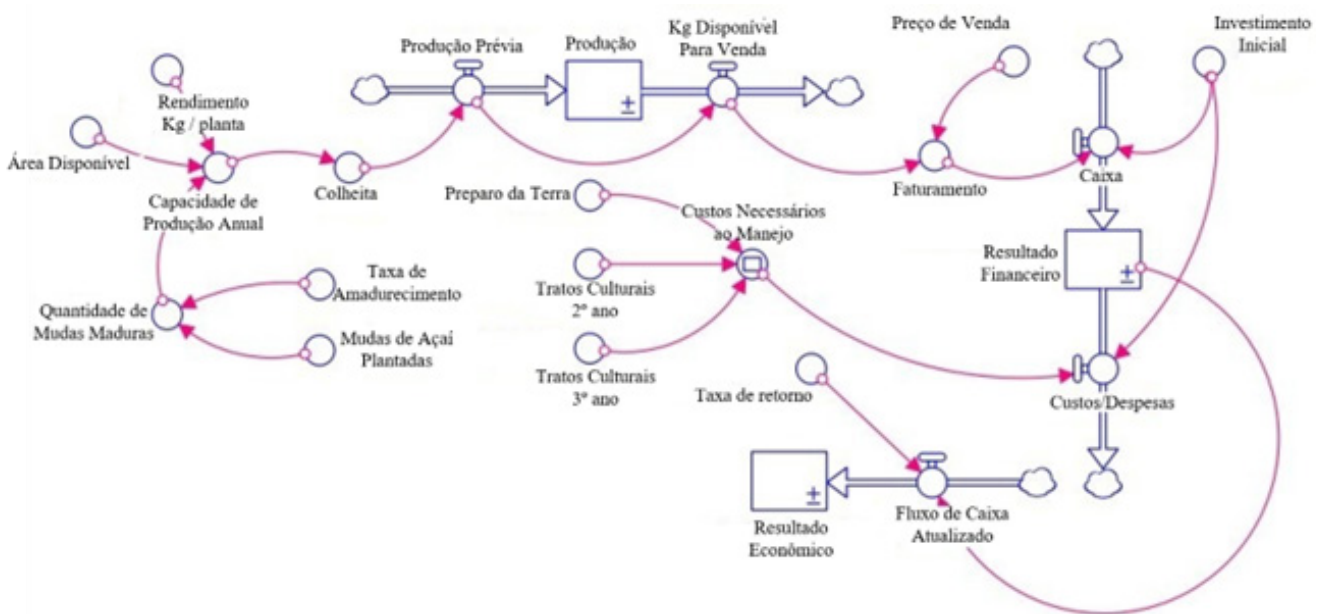
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Através do processo de simulação da DS, com base no que foi estipulado dentro do escopo do Programa PRÓ-AÇAÍ, o projeto de manejo recupera o capital inicial investido no 5º ano do projeto e alcança resultados econômicos no 6º ano. Diferentemente do projeto de implantação, o capital investido é recuperado no 6º ano do projeto e recebe resultados econômicos a partir do 9º ano.

O diagrama causal representa uma visão sistêmica e integradora do agronegócio que mostra suas principais atividades e seus elementos, determinando as variáveis que formam circuitos que se autorregulam, transformam e se diferenciam de outros sistemas existentes no mercado (Camacho Carrasco et al., 2022; Meireles et al., 2023). Além disso, permite identificar que pode existir uma diversidade de atores no sistema dos setores público, privado e da sociedade civil, e, dessa forma, orientar na tomada de decisão (Fenner et al., 2020).

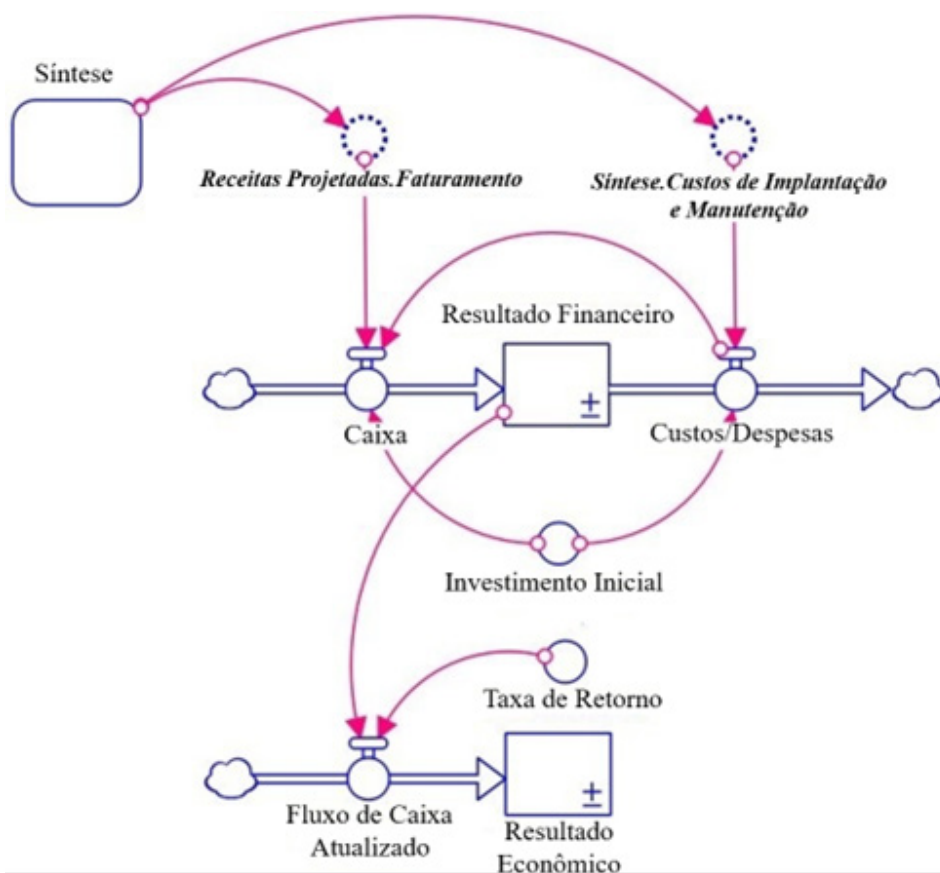
Assim, elaboraram-se dois modelos que diferenciam o manejo (Figura 5) e a implantação (Figura 6).

Figura 5 – Modelagem hard (Manejo)



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 6 – Modelagem hard (Implantação)



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A compreensão dos custos leva em consideração a rentabilidade, a lucratividade e a eficiência do sistema de produção, proporcionando aos produtores a capacidade de compreender o investimento no manejo da área produtiva do açaí, e subsidiar políticas públicas que fomentem investimentos e formação técnica (Silva Barbosa et al., 2023).

No Amazonas, os agroextrativistas estão realizando o manejo na floresta visando aumentar a produção de frutos e reduzir o desmatamento. Os açaizais cultivados apresentam baixa dependência de insumos externos, com uso de práticas tradicionais e troca de experiências (Costa Ayres et al., 2024).

Em um sistema de produção de milho, a modelagem baseada na DS foi utilizada para conhecer e desenvolver cenários para aumentar a produtividade e, a partir desses cenários, observou-se que *loops de feedback* e novos parâmetros podem ser adicionados, conforme os esforços empreendidos para aumentar a área colhida, a produção e a produtividade, atendendo a demanda futura (Azuar-García et al., 2022). Também, foi efetiva na gestão sustentável de recursos e fatores que afetam a produtividade da terra e a produção de arroz (Suryani et al., 2023) e do trigo, permitindo identificar padrões de cultivo que afetam o esgotamento das águas subterrâneas e a renda dos agricultores (Hashemi et al., 2019).

A modelagem de sistema pode ajudar a explicar o desempenho variável dos sistemas de produção. Essa ferramenta, apesar de não ser preditiva devido à imprevisibilidade do sistema, fornece informações que permitem estruturar a análise de uma cadeia produtiva específica,

comparar o desempenho com outras culturas, avaliar a eficácia da adaptação e identificar lições para o desenvolvimento bem-sucedido de cadeias produtivas, especialmente que envolvem pequenos agricultores (Cadenas Anaya & Guaita, 2021).

Embora o estudo tenha abordado variáveis importantes que afetam a produção de açaí, há outros fatores que não foram considerados, como impactos ambientais, flutuações de mercado ou condições socioeconômicas de possíveis agricultores envolvidos. A análise documental para coleta de dados pode introduzir viés na pesquisa e afetar a confiabilidade das conclusões. Quanto ao escopo temporal, a análise é baseada em prazos específicos para recuperação de investimentos e retornos econômicos, porém, mudanças nas condições de mercado ou nas práticas agrícolas ao longo do tempo podem gerar resultados diferentes.

As suposições feitas a partir da técnica de modelagem *soft* e *hard* podem introduzir vieses, por exemplo, se as taxas de crescimento ou estruturas de custos forem otimistas, ou pessimistas, os resultados do modelo podem não refletir com precisão os cenários reais. Assim, sugere-se que pesquisas futuras incluam novos fatores e dados reais de produção, a fim de confirmar ou fazer ajustes para alcançar os resultados econômicos do cultivo do açaí.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, avaliou-se a viabilidade econômico-financeira do cultivo do açaí no Pará, com foco em uma área de 1 hectare, baseada na DS. Os resultados indicam que a modelagem baseada na DS contribui para uma visão mais ampla do projeto de implantação e manejo da produção do açaí, com simulações de resultados esperados no decorrer do tempo. Pelo escopo do projeto PRO-AÇAÍ, os custos são mensurados entre o 3º e 5º ano, com conclusão do projeto em 12 anos. Porém, não é possível ter a dimensão dos impactos gerados pelo custo da atividade dentro do tempo total do projeto. Compreender como esses programas influenciam a produtividade e a recuperação do investimento pode aprimorar as decisões políticas e os mecanismos de apoio aos agricultores.

A presente pesquisa oferece contribuições teóricas e práticas para o campo da economia agrícola. Teoricamente, expande a compreensão da viabilidade econômica do cultivo de açaí ao empregar a DS para modelar as interações entre vários fatores que afetam a produção, como custos, demanda de mercado e retornos de investimento, fornecendo assim uma estrutura abrangente para analisar sistemas agrícolas. Na prática, fornece informações para agricultores e investidores, identificando as principais métricas de produtividade, enfatizando a importância de ferramentas de análise financeira na tomada de decisões de investimento. Além disso, a pesquisa destaca a necessidade de apoio contínuo de políticas públicas para reforçar a cadeia de abastecimento do açaí.

As limitações desta pesquisa foram o desenvolvimento com base em um único programa de manejo e implantação do açaí; o não mapeamento de outros recursos inerentes à produção do açaí; e a não utilização de dados reais de produção. Para pesquisas futuras, sugere-se ampliar esta avaliação com inserção de variáveis adicionais para aumentar a precisão dos modelos econômicos, como impactos ambientais, dados reais de produção e análise do custo de oportunidade, visto que o agricultor possui recursos limitados e precisa decidir entre investir em um

determinado negócio em detrimento de outro, além da necessidade de uma visão mais holística do sistema da empresa em questão a fim de adaptar o modelo ao processo produtivo.

Há uma necessidade de estudos longitudinais que acompanhem o desempenho das fazendas de açaí ao longo do tempo. A coleta de dados sobre variações de rendimento, preços de mercado e retornos de investimento em várias estações de cultivo ajudaria a refinar o modelo e melhorar suas capacidades preditivas. O envolvimento com várias partes interessadas, incluindo agricultores, investidores e formuladores de políticas, pode fornecer informações valiosas sobre os desafios práticos enfrentados na cadeia de abastecimento do açaí. Essa abordagem participativa pode levar a questões de pesquisa mais relevantes e soluções adaptadas às necessidades reais para melhorar a produtividade e a sustentabilidade no cultivo de açaí.

REFERÊNCIAS

- Almeida, H. P., Homma, A. K. O., Menezes, A. J. E. A., Filgueiras, G. C., & Farias Neto, J. T. de. (2021). Produção e auto-consumo de açaí pelos ribeirinhos do Município de Igarapé-Miri, Pará. *Research, Society and Development*, 10(9), e51710918376. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18376>
- Alves Moura, D., Paulo Guimarães Soares, J., Araújo Reis, S., & Ferreira Farias, L. (2021). Agricultura orgânica: impactos ambientais, sociais, econômicos e na saúde humana. *Anais do 59o Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) e 6o Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC)*.
- Azuara-García, G., Palácios, E., & Montesinos-Barrios, P. (2022). Embedding sustainable land-use optimization within system dynamics: bidirectional feedback between spatial and non-spatial drivers. *Environmental Modelling & Software: With Environment Data News*, 155(105463), 105463. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105463>
- Barreto, J. T. T., Loureço-Costa, V. V., Ramos, E. M. L. S., Ainet, W. do S. O., Sá, N. N. B., & Araújo, M. S. (2019). Consumo de açaí e perfil nutricional em universitários da área da saúde de Belém-PA. *Pará Research Medical Journal*, 3(3-4), 1-8. <https://doi.org/10.4322/prmj.2019.025>
- Batista, R. C. & Gomes, M. N. (2020). Modelagem computacional aplicada como uma tecnologia no currículo de engenharia mecânica. *Revista Mundi Engenharia Tecnologia e Gestão (ISSN 2525-4782)*, 5(3). <https://doi.org/10.2157/525254782rmetg2020vol5n31205>
- Cadenas Anaya, C., & Guaita, W. (2021). Dinámica de sistemas: una metodología para la construcción de modelos de toma de decisiones en sectores agroindustriales. *Catálogo editorial*, 1-240. <https://doi.org/10.15765/poli.vi1i695.2363>
- Camacho Carrasco, B. I., Rodríguez Chávez, J. C. A., Bobadilla Soto, E. E., Ochoa Ambriz, F., & Perea Peña, M. (2022). Agronegocio familiar desde la perspectiva de dinámica de sistemas. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 19(3). <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i3.1272>
- Cantuária, T. V., Gonçalves, A. A., Barbosa, J. G. P., & Sabbadini, F. S. (2022). Risks of disruption in the açaí supply chain in the view of managers in the State of Pará. *Research, Society and Development*, 11(4), e17411427261. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27261>
- Carvalho, P. R., Becker, C., & Neske, M. Z. (2019). Avanços e recuos na Execução do programa de aquisição de alimentos (PAA): comparando as experiências de Lajeado/RS e Santana do livramento/RS. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 25415-25437. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-205>
- Cavalcante Filho, P. G., Buainain, A. M., & Cunha, M. P. da. (2021). Avaliação dos impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do Biodiesel na agricultura familiar brasileira. *Estudos economicos*, 51(3), 493-527. <https://doi.org/10.1590/0101-41615133pam>
- Costa Ayres, M. I., Souza, É. I. A., Uguen, K., Alfaia, S. S., & Pereira, H. D. S. (2024). Characterization of açaí-do-amazonas agroecosystems in Codajás, Amazonas - Brazil. *Revista brasileira de agroecologia*, 19(2), 167-190. <https://doi.org/10.33240/rba.v19i2.51250>

- Cruz, M. S. & Schneider, S. (2022). Feiras alimentares e mercados territoriais: A estrutura e o funcionamento das instituições de ordenamento das trocas locais. *Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas*, 42(1), 93–113. <https://doi.org/10.37370/raizes.2022.v42.769>
- Díaz, Y. M. S. (2022). Simulación del arquetipo límites del crecimiento de una empresa de seguridad electrónica para casas. *Revista Científica*, 1(6). <https://doi.org/10.53673/rc.v1i6.28>
- Domingos, J. C., Dias Filho, C. A., & Da Veiga, C. H. A. (2019). Modelagem soft de dinâmica de sistemas para o processo de S&OP: um modelo conceitual para organização do tipo produção sob encomenda. *Revista de Gestão e Secretariado*, 10(3), 140–162. <https://doi.org/10.7769/gesec.v10i3.890>
- FAPESPA. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas. Diretoria de Estudos e Pesquisas Socioeconômicas e Análise Conjuntural. (2024). Conjuntura econômica do açaí no Pará 2024. <https://www.fapespa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/Nota-Tecnica-Conjuntura-da-Economia-do-Acai-2024-PUBLICACAO-2-.pdf>
- Fenner, G., Lima, A. S., De Souza, J. N., Moura, J. A. B., & Bezerra, T. R. (2020). Supporting infrastructure as a service capacity management through business scenarios simulation. *IEEE Latin America Transactions*, 18(03), 473–486. <http://doi.org/10.1109/tla.2020.9082718>
- Fernandes, J. (2020). Mensuração dos custos de transação na composição dos custos totais do ponto de açaí. *CADERNOS CEPEC*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.18542/cepec.v9i1.8932>
- Forrester, J. W. (1968). Industrial dynamics—after the first decade. *Management Science*, 14(7), 398–415. <https://doi.org/10.1287/mnsc.14.7.398>
- Gil, A. C. (2022). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7nd ed.). Atlas.
- Gitman, L. J. (2010). *Princípios de Administração Financeira*. Pearson.
- Hashemi, M., Zadeh, H. M., Arasteh, P. D., & Zarghami, M. (2019). Economic Environmental Impacts of Cropping Pattern Elements Using Systems Dynamics. *Civil Engineering Journal*, 5(5), 1020–1032. <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091308>
- Justi, J., Justi, E. B. L., Justi, J., Ortega, J. M., & Ramiro, D. L. (2023). A viabilidade de geração de energia elétrica em ETes urbanas avaliada via Dinâmica de Sistemas. *Peer review: emerging trends and key debates in undergraduate education*, 5(7), 272–297. <https://doi.org/10.53660/404.prw1013>
- Marconi, M. A., Lakatos, E. M. (2021). *Fundamentos da Metodologia Científica* (9 ed). Atlas.
- Maciel, R. C. G., Sopchaki, M. S., Lima Júnior, F. B., Filho, P. G. C., & Souza, D. L. (2015). Formação de preços de produtos extrativistas: um estudo sobre o açaí em Rio Branco, Estado do Acre. *Revista de Economia Agrícola*, 62(2), 35–50.
- Maia Tomé, I. (2018). Modelo para Análise da Sustentabilidade Empresarial com Base em MORPH. *Revista Gestão & Conexões*, 7(1), 74–99. <https://doi.org/10.13071/regec.2317-5087.2014.71.15034.74-99>.
- Meireles, J. P. M., do Amaral, É. M. H., & Do Nascimento Lampert, V. (2023). Dinâmica de sistemas: ciclo completo na pecuária de corte. *Revista do CCEI*, 26(42), 17–37. http://revista.urcamp.tche.br/index.php/Revista_CCEI/article/view/4367
- Melo, D. M., Fernandes, F. C., Da Silva Costa, S. T., Da Silva, M. R. L., Filho, M. R., & Chaves, P. V. A. (2021). A importância da gestão rural e da sustentabilidade em pequenas propriedades rurais. *Revista GeTeC*, 10(31). <http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/2510>
- Mendonça, T. G. de, Veríssimo, M. P., & Mellini, A. (2021). Efeitos da adesão dos produtores brasileiros ao Global Gap sobre os fluxos de exportações de frutas. *Revista econômica do Nordeste*, 52(4), 167–184. <https://doi.org/10.61673/ren.2021.1319>
- Nascimento, B. O., & Santos, G. T. (2020). Análise e simulação da gestão da produção de empresa: uma abordagem de dinâmica de sistemas. *Revista produção online*, 20(2), 627–655. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3642>
- Nascimento, L. D. P., Oliveira, T., Medeiros Junior, J. V., & Gurgel, A. M. (2021). Dinâmica de engajamento em equipes de projetos. *Revista de Gestão e Secretariado*, 12(1), 106–132. <https://doi.org/10.7769/gesec.v12i1.1224>
- Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açaí (PRÓ-AÇAÍ)*. ([s.d.]). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca – SEDAP. Recuperado 11 de março de 2024, de <https://www.sedap.pa.gov.br/node/84>
- Rabassi, R. S., Batalha, M. O., & Albuquerque, A. A. de. (2020). Valoração de ativo biológico a valor justo: impactos na tomada de decisão em empresas agroindustriais. *Custos e @gronegocio online*, 16(1), 2–25.

- Ramoni Perazzi, J., & Merli, G. O. (2021). Dinámica de sistemas y crecimiento económico. *Revista de economía institucional*, 24(46), 115–132. <https://doi.org/10.18601/01245996.v24n46.07>
- Roman Filho, M., Brito Junior, I. de, Correia, A., & Yoshizaki, H. T. Y. (2022). Decisão de nacionalização de componentes aeronáuticos com dinâmica de sistemas. *Revista produção online*, 21(4), 2068–2092. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i4.4244>
- Senge, P. M. (2019). *La Quinta Disciplina: El Arte y la Practica de la Organizacion Abierta al Aprendizaje*. Ediciones Granica.
- Silva, A. R. P., Furtado, J. L. C., Amador, E. S., & Moreira, M. A. (2024). Identificação dos fatores determinantes na formação do preço do açaí a partir da ótica dos seus batedores. *REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL - Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte*, 16(2), 346–365. <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2024v16n2ID32917>
- Silva Barbosa, E., de Lima, H. V., de Lima Elias, L. M. S., & Araújo, J. C. O. (2023). A cadeia de suprimentos do açaí orientada à sustentabilidade e seus impactos. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, 1(15), 85–99.
- Silva, T. P., Pontes, A. N., & Albuquerque, A. R. (2020). Cadeias de produção sustentáveis no extrativismo de castanha-do-brasil na Amazônia Brasileira. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 63460–46780. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-687>
- Sousa, P. C., De Almeida, O. T., De Andrade, V. M. S., Ferreira, R. C., & Rivero, S. L. de M. (2023). Cadeia de valor comunitária do açaí: mapeamento dos atores e sua relação com o território em Almeirim, Pará. *Observatório de la economía latinoamericana*, 21(10), 15441–15463. <https://doi.org/10.55905/oelv21n10-050>
- Sterman, J. (2000). Business Dynamics, system thinking and modeling for a complex world. [http://lst-iiiep.iiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=013598/\(100\)](http://lst-iiiep.iiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=013598/(100)). 19.
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Mudjahidin, M., Damanhuri, D., Muhandhis, I., Az-Zahra, A., Yan-Chou, S., Rony, M., & Masyhudi, A. J. (2023). Agriculture System Modeling to Increase Productivity and Production Through Sustainable Resource Management. *Journal of Agricultural Science*, 15(2), 10. <https://doi.org/10.5539/jas.v15n2p10>
- Tagore, M. de P. B., Monteiro, M. D. A., & Do Canto, O. (2020). A cadeia produtiva do açaí: estudo de caso sobre tipos de manejo e custos de produção em projetos de assentamentos agroextrativistas em Abaetetuba, Pará ## The açaí production chain: case study on management types and production costs in agroextractive settlement projects in Abaetetuba, Pará. *Amazônia Organizações e Sustentabilidade*, 8(2), 99. <https://doi.org/10.17648/aos.v8i2.2031>
- Tavares, G. dos S., Homma, A. K. O., Menezes, A. J. E. A. de, & Palheta, M. P. (2022). Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil. Em A. K. O. Homma (Org.), *Sinergias de mudança da agricultura amazônica: conflitos e oportunidades*. (p. 444–463). Brasília, DF: Embrapa, 2022.
- Tursun, M. (2022). Tarım işletmelerinde sistem dinamiğinin stratejik yönetim muhasebesi aracı olarak kullanımı: türkiye’de badem üretiminin incelenmesi. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 13(2), 592–608. <https://doi.org/10.54688/ayd.1181140>