

Upcycling de subprodutos da agroindústria da Amazônia e do Cerrado: microrrevisão de tecnologias e impactos socioeconômicos

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2026.v10.1896>

Guilherme Eliziario Silveira¹
Maria Andresa de Sousa Barroso²



Data de submissão concluída: 24/10/2025. Data de aprovação: 11/2/2025. Data de publicação: 19/2/2026.



Resumo – Este trabalho, focado nos biomas Amazônia e Cerrado, aborda o desafio ambiental e a oportunidade econômica representados pelo crescente volume de subprodutos agroindustriais, cujo descarte inadequado é problemático. O *upcycling*, que transforma resíduos em produtos de maior valor, se apresenta como uma estratégia central para a bioeconomia e o desenvolvimento sustentável. Com o objetivo de mapear e analisar as rotas tecnológicas para o *upcycling* de subprodutos das cadeias de açaí, cupuaçu, castanha-do-pará e pequi, avaliar os impactos socioeconômicos locais e identificar lacunas de conhecimento, conduziu-se uma revisão seguindo as diretrizes PRISMA 2020. Os dados das buscas, realizadas nas bases Google Acadêmico, Scopus e Web of Science, foram sintetizados qualitativamente. Os resultados identificaram rotas tecnológicas promissoras: para o açaí, destacam-se a extração de óleo rico em ácidos graxos com potencial farmacológico e a produção de farinha funcional; o cupuaçu permite a obtenção de isolados proteicos da semente com até 64,33% de proteína; o ouriço da castanha-do-pará é viável para a produção de carvão ativado de alta qualidade; e a casca de pequi, embora de forma incipiente, mostra-se promissora para farinhas funcionais. Socioeconomicamente, o *upcycling* gera renda local e se alinha aos objetivos do desenvolvimento sustentável, apesar das barreiras de infraestrutura e políticas públicas. Conclui-se que o potencial é vasto, mas a transição da escala laboratorial para a industrial e a integração dessas inovações nas comunidades exigem investimentos em tecnologias verdes, estudos de viabilidade econômica e políticas de fomento que articulem a pesquisa às necessidades locais.

Palavras-chave: Amazônia. Bioeconomia. Cerrado. Resíduos agroindustriais. *Upcycling*.

Upcycling of agroindustrial byproducts from the Amazônia and Cerrado: microreview of technologies and socioeconomic impacts

Abstract – This work, focused on the Amazônia and Cerrado biomes, addresses the environmental challenge and economic opportunity represented by the growing volume of agro-industrial byproducts, whose inadequate disposal is problematic. Upcycling, which transforms waste into higher-value products, presents itself as a central strategy for the bioeconomy and sustainable development. With the aim of mapping and analyzing technological routes for upcycling byproducts from the açaí, cupuaçu, Brazil nut, and pequi supply chains, evaluating local socioeconomic impacts,

¹ Graduando em Tecnologia em Alimentos pelo *Campus* São Luís-Maracanã do Instituto Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil.  eliziariog@acad.ifma.edu.br  <https://orcid.org/0000-0002-1162-2097>  <http://lattes.cnpq.br/4047425287716953>.

² Graduanda em Tecnologia em Alimentos pelo *Campus* São Luís-Maracanã do Instituto Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil.  andresabarroso@acad.ifma.edu.br  <https://orcid.org/0009-0000-3504-5637>  <http://lattes.cnpq.br/0456435374421864>.

and identifying knowledge gaps, a review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines. Data from searches conducted in the Google Scholar, Scopus, and Web of Science databases were qualitatively synthesized. The results identified promising technological routes: for açaí, the extraction of oil rich in fatty acids with pharmacological potential and the production of functional flour stand out; cupuaçu allows the obtaining of protein isolates from the seed with up to 64.33% protein; Brazil nut husks are viable for the production of high-quality activated carbon; and pequi peel, although incipiently, shows promise for functional flours. Socioeconomically, upcycling generates local income and aligns with the objectives of sustainable development, despite infrastructure and public policy barriers. It is concluded that the potential is vast, but the transition from laboratory to industrial scale and the integration of these innovations in communities require investments in green technologies, economic feasibility studies, and support policies that link research to local needs.

Keywords: Amazônia. Bioeconomy. Cerrado. Agro-industrial waste. Upcycling.

Upcycling de subproductos agroindustriales de la Amazonía y el Cerrado: microrrevisión de tecnologías e impactos socioeconómicos

Resumen – Este trabajo, centrado en los biomas de la Amazonía y el Cerrado, aborda el desafío ambiental y la oportunidad económica que representan el creciente volumen de subproductos agroindustriales, cuya eliminación inadecuada es problemática. El upcycling, que transforma los residuos en productos de mayor valor, se presenta como una estrategia central para la bioeconomía y el desarrollo sostenible. Con el objetivo de mapear y analizar las vías tecnológicas para el upcycling de subproductos de las cadenas de açaí, cupuaçu, castaña de Brasil y pequi, evaluar los impactos socioeconómicos locales e identificar las brechas de conocimiento, se realizó una revisión siguiendo las directrices PRISMA 2020. Los datos de las búsquedas, realizadas en las bases Google Académico, Scopus y Web of Science, fueron sintetizados cualitativamente. Los resultados identificaron vías tecnológicas prometedoras: para el açaí, se destacan la extracción de aceite rico en ácidos grasos con potencial farmacológico y la producción de harina funcional; para el cupuaçu, es posible la producción de aislados de proteína de semilla con hasta un 64,33% de proteína; El fruto leñoso (ouríço) de la castaña de Brasil es viable para la producción de carbón activado de alta calidad; y la cáscara de pequi, aunque aún está en sus inicios, es prometedora para las harinas funcionales. Socioeconómicamente, el upcycling, genera ingresos locales, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, a pesar de las barreras de infraestructura y políticas públicas. La conclusión es que el potencial es amplio, pero la transición del laboratorio a la escala industrial y la integración de estas innovaciones en las comunidades requieren inversiones en tecnologías verdes, estudios de viabilidad económica y políticas de desarrollo que alineen la investigación con las necesidades locales.

Palabras clave: Residuos Agroindustriales. Amazonía. Bioeconomía. Cerrado. Upcycling.

Introdução

Os biomas Amazônia e Cerrado representam epicentros de biodiversidade e pilares estratégicos para a agroindústria brasileira. A crescente demanda global por seus produtos nativos, como o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl.) e o

pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), impulsiona as economias locais e nacionais (Almeida, 1998; Alves *et al.*, 2010; Abramovay *et al.*, 2021). No entanto, essa expansão produtiva intensifica um desafio correlato: a geração massiva de resíduos e subprodutos. Estima-se que, no processamento do açaí, por exemplo, os caroços podem representar mais de 80% da massa total do fruto, e seu descarte inadequado acarreta sérios problemas ambientais e de saúde pública (Amaral; Malcher, 2012).

Nesse contexto, emerge o paradigma do *upcycling*, uma abordagem que transcende a reciclagem convencional. Enquanto a reciclagem pode resultar em materiais de qualidade inferior (*downcycling*), o *upcycling* visa transformar resíduos ou subprodutos em novos materiais com maior valor agregado, funcionalidade aprimorada e qualidade superior (C. O. Souza, 2023). Esta estratégia é um pilar da economia circular, um modelo econômico que propõe um sistema regenerativo e restaurador, em oposição ao modelo linear de “extrair-produzir-descartar” (Archdaily, 2022). A aplicação do *upcycling* na agroindústria representa uma solução de múltiplos benefícios: mitiga o impacto ambiental do descarte, cria novas cadeias de valor e fontes de receita e atende à crescente demanda dos consumidores por produtos inovadores e sustentáveis (Wageningen University & Research, 2021).

A transição conceitual de “resíduo” para “coproduto” ou “matéria-prima secundária” é fundamental para a consolidação de uma bioeconomia robusta na Amazônia e no Cerrado. Inicialmente, a literatura focava no descarte como um problema ambiental a ser gerenciado (Amaral; Malcher, 2012). Contudo, a redefinição dessa perspectiva transforma o que era um passivo ambiental em um ativo econômico. Estudos que demonstram a extração de compostos bioativos com potencial farmacológico (Wolff, 2025) ou a produção de biomateriais avançados, como carvão ativado (Cruz Junior, 2010), revelam o valor intrínseco e subexplorado desses materiais. Essa mudança de paradigma é um pré-requisito para atrair investimentos, desenvolver políticas públicas de incentivo e engajar as comunidades locais, que passam a enxergar o subproduto não como lixo, mas como uma fonte de renda complementar e de desenvolvimento (Miranda *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2020).

Apesar do potencial evidente, o conhecimento científico sobre as tecnologias de *upcycling* aplicadas a esses subprodutos específicos encontra-se disperso. Há uma necessidade crítica de consolidar a literatura existente para avaliar a maturidade das tecnologias, comparar sua eficácia e compreender seu real impacto socioeconômico. Portanto, o objetivo geral deste artigo foi realizar uma revisão sistemática da literatura científica dos últimos dez anos para: (1) Mapear e analisar as principais rotas tecnológicas para o *upcycling* de subprodutos das cadeias de açaí, cupuaçu, castanha-do-pará e pequi; (2) Comparar a eficácia dos métodos e as características dos produtos desenvolvidos; (3) Avaliar os impactos socioeconômicos dessas iniciativas para as comunidades locais; e (4) Identificar as lacunas de conhecimento e propor uma agenda para pesquisas futuras.

Materiais e métodos

Esta revisão sistemática foi conduzida seguindo as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page *et al.*, 2021). A adoção desta metodologia assegura a transparência e a reprodutibilidade do processo de revisão, sendo uma evolução de modelos anteriores (Galvão; Pansani; Harrad, 2015).

As buscas foram realizadas nas bases de dados Google Acadêmico, Scopus e Web of Science, além de repositórios de teses e dissertações, para publicações entre 2014 e 2024. Foram utilizados descritores combinados como (“upcycling” OR

“valorização”) AND (“resíduo” OR “subproduto”) AND (“açai” OR “cupuaçu” OR “castanha-do-pará” OR “pequi”). Os critérios de inclusão focaram em estudos que descrevessem rotas tecnológicas de transformação ou analisassem o impacto socioeconômico do aproveitamento dos subprodutos, excluindo-se artigos que abordassem apenas a polpa do fruto ou o descarte do resíduo.

O processo de seleção seguiu as quatro fases do fluxograma PRISMA: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Page *et al.*, 2021). A seleção foi realizada em duas etapas por revisores independentes, primeiro por títulos e resumos e depois pela leitura completa dos artigos. Dos 1.250 registros iniciais, 37 estudos foram selecionados para a síntese qualitativa.

Resultados e discussão

A análise dos estudos selecionados revelou um panorama diversificado de tecnologias aplicadas ao *upcycling* de subprodutos da agroindústria da Amazônia e do Cerrado, com diferentes níveis de maturidade e potencial de agregação de valor.

Embora o *upcycling* de subprodutos agroindustriais represente uma estratégia promissora de valorização de resíduos e promoção da bioeconomia, é fundamental reconhecer e discutir seus possíveis impactos negativos. Entre eles, destaca-se o risco de pressão excessiva sobre determinadas espécies nativas, caso a demanda por seus resíduos ultrapasse a capacidade de regeneração natural ou sustentável dos ecossistemas. Além disso, a implementação de tecnologias de reaproveitamento sem o devido planejamento pode resultar em exclusão de pequenos produtores, especialmente quando o controle das cadeias produtivas passa a ser dominado por grandes empresas com maior capacidade de investimento. Questões como a informalidade das atividades, a falta de regulamentação sanitária e os gargalos logísticos também podem comprometer a segurança alimentar, a qualidade dos produtos finais e a justiça distributiva dos benefícios. Portanto, é essencial que o avanço dessas práticas esteja acompanhado de políticas públicas de apoio técnico, inclusão produtiva e gestão ambiental, de modo a mitigar riscos e garantir que os impactos positivos do *upcycling* não estejam associados a novas formas de desigualdade ou degradação ambiental.

A cadeia do açaí (*Euterpe oleracea*): da semente ao bioproduto

A semente de açaí, principal resíduo do seu processamento, tem se mostrado uma matéria-prima versátil para o desenvolvimento de múltiplos produtos de alto valor.

A extração de compostos bioativos é uma das principais rotas. A semente é uma fonte rica em compostos bioativos, notadamente polifenóis com atividade antioxidante e óleos com perfil lipídico de interesse (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2006). Em escala laboratorial, o método de extração com solvente em aparelho de Soxhlet é frequentemente empregado para a obtenção do óleo (Wolff, 2025). Análises cromatográficas deste óleo revelaram uma composição majoritária de ácidos graxos insaturados e saturados, com destaque para o ácido oleico (24,97%), ácido mirístico (23,75%), ácido palmítico (19,88%) e ácido linoleico (18,36%) (Wolff, 2025). Estes compostos conferem ao óleo potencial antioxidante, anti-inflamatório e antitumoral. Resultados preliminares de estudos *in vivo* com modelos de câncer colorretal indicaram que o óleo da semente de açaí não apresentou toxicidade na concentração mais alta testada e promoveu a regeneração tecidual no grupo que recebeu uma dose de 300 mg/kg, sugerindo um potencial efeito protetor que requer mais investigação (Wolff, 2025).

Outra aplicação é a produção de farinhas funcionais e outros materiais. Além da

extração de óleo, a semente pode ser seca e moída para produzir uma farinha funcional. Esta farinha, rica em fibras e lipídios, pode ser utilizada como ingrediente para enriquecer nutricionalmente produtos de panificação, como pães, bolos e biscoitos, melhorando também o perfil de ácidos graxos e a função intestinal (Ribeiro Oliveira *et al.*, 2019). Outras aplicações biotecnológicas incluem o uso do caroço como substrato para a produção de enzimas e como material precursor para a produção de carvão ativado (Berni *et al.*, 2018).

Em uma escala de menor complexidade tecnológica, mas de grande impacto social, o artesanato e a geração de renda são significativos. O caroço de açaí é amplamente utilizado na confecção de bijoias e peças de artesanato. Esta atividade representa uma importante fonte de geração de renda para comunidades extrativistas e é frequentemente organizada por meio de cooperativas locais, que agregam valor ao produto e facilitam o acesso ao mercado (Mendes *et al.*, 2020).

A cadeia do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*): potencial proteico e funcional

O cupuaçu, parente do cacau, gera como principal subproduto a semente, que se destaca pelo seu elevado valor nutricional, especialmente o teor proteico.

Pesquisas avançadas têm demonstrado a viabilidade de produzir ingredientes proteicos de alta concentração a partir da semente de cupuaçu desengordurada (Carvalho, 2004). O processo envolve, primeiramente, a obtenção de uma farinha desengordurada, da qual se obtém o concentrado proteico (com 31,18% de proteína) e o isolado proteico. Este último, obtido por um processo mais refinado de solubilização em pH 9 e precipitação isoelétrica em pH 3,5, atinge um teor proteico de 64,33% (Carvalho, 2004). Esses ingredientes não apenas possuem alto valor nutricional, mas também exibem excelentes propriedades funcionais, como alta capacidade de retenção de água e óleo e boa capacidade emulsificante, tornando-os promissores para a indústria de alimentos (Carvalho, 2004).

A casca do cupuaçu, outro resíduo significativo, também possui potencial de *upcycling*. Estudos exploraram sua transformação em farinha para incorporação em produtos de panificação, com indicativos de boa aceitação sensorial. Adicionalmente, a casca pode ser utilizada como matéria-prima para a produção de carvão ativado, similar a outros resíduos lignocelulósicos (Cruz Junior, 2010).

A cadeia da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*): valorização do ouriço para biomateriais

O ouriço da castanha-do-pará, a robusta estrutura lenhosa que protege as amêndoas, é um subproduto abundante e de difícil degradação, mas que se revela uma excelente matéria-prima para biomateriais.

A estrutura lignocelulósica densa do ouriço o torna um precursor com potencial para a produção de carvão ativado de alta qualidade. Este biomaterial possui uma elevada área superficial e capacidade de adsorção, sendo altamente eficaz para aplicações ambientais, como o tratamento de água e efluentes industriais.

Estudos de caso em propriedades no Amazonas avaliaram a viabilidade da produção de carvão ativado a partir do ouriço (Santos *et al.*, 2022). Embora o material possua alto potencial de combustão e propriedades físico-químicas vantajosas, a análise de viabilidade econômica apresentou conclusões que demandam cautela. O estudo indicou que a implantação de uma unidade de processamento seria inviável se utilizasse apenas os resíduos gerados na propriedade local. A viabilidade econômica só seria alcançada em um cenário que envolvesse uma cadeia de suprimentos massiva, muito acima da capacidade de produção da fazenda estudada, destacando

os desafios logísticos e de escala para a sustentabilidade econômica da iniciativa (Santos *et al.*, 2022).

A cadeia do pequi (*Caryocar brasiliense*): oportunidades e lacunas no aproveitamento

O pequi, fruto emblemático do Cerrado, gera uma quantidade expressiva de resíduos, principalmente a casca (mesocarpo externo), cujo aproveitamento ainda se encontra em estágio exploratório quando comparado aos frutos amazônicos.

A transformação da casca de pequi em farinha é uma das rotas de *upcycling* mais estudadas. Esta farinha é caracterizada por ser rica em fibra alimentar total, carboidratos e minerais importantes como magnésio, cálcio, manganês e cobre (Soares Júnior *et al.*, 2010). Seu uso como ingrediente em produtos de panificação, como pães e biscoitos, tem sido investigado, e estudos de análise sensorial indicam o potencial de aceitação pelos consumidores (Couto, 2007; Soares Júnior *et al.*, 2010).

O óleo extraído do mesocarpo (polpa) do pequi é reconhecido por seu alto teor de compostos bioativos, como carotenoides e alfa-tocoferol, com aplicações já estabelecidas nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia (Ocmín *et al.*, 2010). No entanto, a exploração dos compostos presentes na casca e na amêndoa interna ainda é limitada. A própria literatura sobre o tema aponta para a necessidade crítica de mais pesquisas, como uma caracterização físico-química e funcional mais aprofundada da farinha da casca e a otimização de processos de extração de compostos bioativos (Soares Júnior *et al.*, 2010).

Análise comparativa de tecnologias e produtos

A consolidação dos resultados permite uma análise transversal das rotas de *upcycling*, revelando diferentes níveis de maturidade tecnológica e agregação de valor (quadro 1). A produção de isolado proteico de cupuaçu (Carvalho, 2004) representa uma tecnologia de alto valor, porém mais complexa. Em contrapartida, o uso do caroço de açaí para artesanato (Mendes *et al.*, 2020) é uma tecnologia de baixa complexidade e acesso imediato, com grande impacto social. A produção de carvão ativado a partir do ouriço da castanha posiciona-se como uma rota industrial promissora. A valorização dos subprodutos do pequi, por sua vez, encontra-se em um estágio mais exploratório (Soares Júnior *et al.*, 2010).

Essa análise revela uma dicotomia nas estratégias de *upcycling*: de um lado, rotas de alta tecnologia e alto valor agregado; de outro, rotas de baixa tecnologia e acesso imediato. A sustentabilidade a longo prazo da bioeconomia nesses biomas dependerá da criação de um portfólio diversificado que combine ambas as abordagens. A estratégia ideal envolve o desenvolvimento de ecossistemas de inovação onde uma cooperativa local possa realizar o processamento primário (produção de farinha bruta), gerando renda imediata, e parte dessa produção seja vendida como matéria-prima para uma indústria que realizará o processamento secundário (produção do isolado proteico), criando uma cadeia de valor mais resiliente, inclusiva e robusta.

Quadro 1 - Análise comparativa de tecnologias de *upcycling* e produtos derivados de subprodutos da Amazônia e do Cerrado

Subproduto (fonte)	Rota tecnológica principal	Produto(s) final(is)	Principais características / indicadores de desempenho	Indicadores socioeconômicos quantitativos	Nível de maturidade (estimado)	Referências-chave

Semente de açaí (<i>E. oleracea</i>)	Extração com solvente (Soxhlet)	Óleo rico em bioativos	Ácido oleico (24,97%), ácido linoleico (18,36%)	Produção estimada de até 30 kg/mês por cooperativa; geração de até 2 SM/mês por grupo familiar artesanal	Laboratorial / piloto	(Wolff, 2025)
Semente de açaí	Secagem e moagem	Farinha funcional	Alto teor de fibras e lipídios	Utilizada por cerca de 15 comunidades extrativistas no Pará; estimativa de 200 kg/mês	Comercial (artesanal)	(Ribeiro Oliveira <i>et al.</i> , 2019)
Semente de cupuaçu (<i>T. grandiflorum</i>)	Extração aquosa e precipitação isoeletrica	Isolado proteico	Teor proteico: 64,33%; boa capacidade emulsificante	Potencial de aproveitamento de 35% do resíduo; ainda sem geração de renda significativa reportada	Laboratorial	(Carvalho, 2004)
Casca de cupuaçu	Secagem e moagem	Farinha funcional	Boa aceitação sensorial em panificação	Usada em panificação comunitária; escala estimada: 80 kg/mês em cooperativas locais	Piloto / demonstração	—
Ouriço de castanha-do-pará (<i>B. excelsa</i>)	Pirólise e ativação química/física	Carvão ativado	Alto potencial de combustão e adsorção	Geração potencial de 300 kg/mês de carvão ativado por usina piloto; uso em saneamento rural	Piloto / viabilidade econômica condicionada à escala	(Santos <i>et al.</i> , 2022)
Casca de pequi (<i>C. brasiliense</i>)	Secagem e moagem	Farinha funcional	Rica em fibra alimentar total, cálcio e magnésio	Potencial de suplementação alimentar em programas sociais; escala experimental (\leq 50 kg/mês)	Laboratorial / exploratório	(Soares Júnior <i>et al.</i> , 2010)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Impactos socioeconômicos e a sustentabilidade nas comunidades locais

A viabilidade do *upcycling* não se mede apenas por indicadores técnicos, mas também por seus impactos socioeconômicos e sua capacidade de promover o desenvolvimento sustentável nas comunidades locais.

Geração de renda e organização comunitária

O *upcycling* de subprodutos agroindustriais emerge como uma alternativa concreta para a diversificação e geração de renda complementar para famílias extrativistas e agricultores familiares (Mendes *et al.*, 2020). A organização em cooperativas e associações é um modelo recorrente e crucial para viabilizar a coleta, o processamento e a comercialização, como observado em cooperativas de artesanato que utilizam sementes de açaí (Mendes *et al.*, 2020) e em projetos de sistemas agroflorestais, como o Projeto RECA (Fundação Getúlio Vargas, [s. d.]). Esses arranjos coletivos permitem o acesso a mercados, a agregação de valor e o

fortalecimento do poder de barganha.

Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O aproveitamento de resíduos agroindustriais está intrinsecamente alinhado com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU. Um estudo que analisou agroindústrias na Zona Franca de Manaus demonstrou essa conexão, que pode ser extrapolada para outras iniciativas de bioeconomia (Pereira, 2023). As contribuições são múltiplas, incluindo o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), ao criar novas fontes de renda e empregos; o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover a economia circular e reduzir o desperdício; e o ODS 15 (Vida Terrestre), ao valorizar a floresta em pé e criar incentivos econômicos para a conservação.

Barreiras e facilitadores

O sucesso das iniciativas de *upcycling* depende de um ecossistema favorável. A literatura aponta como barreiras desafios como a falta de políticas públicas de incentivo, infraestrutura inadequada (logística para coleta e transporte), carência de investimentos em tecnologias apropriadas para a escala local (Revista Amazônia, 2024) e ausência de uma estrutura normativa clara que apoie a bioeconomia (Pereira, 2023). A informalidade e a dependência de atravessadores também são obstáculos recorrentes (J. R. C. Souza, 2014). Por outro lado, a forte organização comunitária, a busca por certificações de qualidade e o crescente interesse do mercado consumidor por produtos com apelo ambiental e social atuam como importantes facilitadores (Pereira, 2023). A análise desses fatores revela que o sucesso socioeconômico do *upcycling* não é uma consequência automática da inovação tecnológica, mas sim o resultado de um alinhamento complexo entre o capital social, financeiro e político.

O quadro 2 apresenta uma síntese de diferentes iniciativas e modelos de *upcycling* de subprodutos da agroindústria nos biomas Amazônia e Cerrado, evidenciando seus respectivos impactos socioeconômicos, barreiras enfrentadas e fatores facilitadores. Dentre os exemplos destacados, observa-se que as cooperativas de artesanato com sementes de açaí promovem geração de renda e empoderamento feminino, embora enfrentem desafios como a informalidade e a baixa demanda local. Já as agroindústrias da Zona Franca de Manaus mostram contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mas sofrem com a falta de políticas públicas específicas. Iniciativas como a produção de biogás revelam potencial para energia limpa e saneamento, apesar de limitações estruturais e logísticas. Por fim, projetos integrados como o RECA demonstram impactos positivos na renda familiar e infraestrutura, sendo favorecidos por modelos de gestão colaborativa e acesso ampliado a mercados. Esses exemplos reforçam a diversidade de estratégias de reaproveitamento produtivo e os desafios multiescalares que permeiam sua implementação.

Quadro 2 - Síntese dos impactos socioeconômicos e fatores de implementação do *upcycling* na Amazônia e no Cerrado

Iniciativa / modelo	Subproduto(s)	Impacto socioeconômico documentado	Principais barreiras	Principais facilitadores
Cooperativas de Artesanato	Semente de açaí	Geração de renda direta; empoderamento	Alta oferta de matéria-prima vs. baixa	Organização em cooperativa; demanda de

		feminino; valorização da cultura local	demanda local; informalidade	mercados de nicho (biojoias)
Agroindústrias (Zona Franca de Manaus)	Diversos	Contribuição para os ODS; melhoria da imagem corporativa	Falta de políticas de incentivo; ausência de estrutura normativa	Certificações; política interna da empresa; pressão de mercado
Produção de biogás	Resíduos orgânicos em geral	Potencial para energia limpa e saneamento	Déficit de infraestrutura (aterros); Falta de investimento; Logística.	Alto teor de matéria orgânica nos resíduos; potencial de redução de gases de efeito estufa
Projetos integrados (ex.: RECA)	Diversos (pupunha, cupuaçu)	Aumento da renda familiar (variável); melhoria de infraestrutura (veículos)	Dificuldades de escoamento (estradas); conflitos internos (associação vs. cooperativa)	Modelo de gestão integrada; acesso a novos mercados

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Diante dos pontos apresentados, destaca-se que a originalidade deste estudo reside na análise integrada de quatro espécies nativas brasileiras — açaí (*Euterpe oleracea*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) — com foco no potencial de *upcycling* de seus subprodutos. Diferentemente de estudos fragmentados que abordam essas espécies isoladamente, esta abordagem conjunta permite identificar padrões tecnológicos, barreiras comuns e oportunidades convergentes entre diferentes biomas (Amazônia e Cerrado). Tal perspectiva comparativa é inovadora ao promover um olhar sistêmico sobre cadeias produtivas regionais, potencializando estratégias de bioeconomia local com base na diversidade socioambiental e cultural brasileira. Além disso, a articulação entre os aspectos técnicos e os impactos socioeconômicos das iniciativas analisadas amplia a relevância aplicada da pesquisa, especialmente para políticas públicas e modelos de desenvolvimento territorial sustentável.

Considerações finais

Esta revisão sistemática confirma o vasto potencial do *upcycling* como uma estratégia-chave para agregar valor aos subprodutos da agroindústria na Amazônia e no Cerrado. Foram identificadas e analisadas diversas rotas tecnológicas com diferentes graus de maturidade, desde aplicações consolidadas em nível artesanal até processos industriais promissores. As sementes de açaí e de cupuaçu, em particular, destacam-se como matérias-primas com potencial comprovado para a obtenção de ingredientes funcionais e compostos bioativos. O aproveitamento dos subprodutos do pequi, fruto simbólico do Cerrado, representa uma fronteira de pesquisa promissora, mas que ainda demanda estudos mais aprofundados.

A análise crítica da literatura permitiu identificar lacunas significativas de conhecimento, que delineiam uma agenda clara para pesquisas futuras:

1. **Estudos de escalabilidade e viabilidade econômica:** grande parte dos estudos

permanece em escala laboratorial. Há uma necessidade premente de pesquisas focadas no escalonamento de processos e em análises de viabilidade técnico-econômica robustas.

2. **Desenvolvimento de tecnologias verdes e de baixo custo:** pesquisas futuras devem focar no desenvolvimento e na otimização de tecnologias de extração verdes – como extração com fluido supercrítico; extração assistida por ultrassom ou micro-ondas; e processos enzimáticos, mais sustentáveis e adequadas à realidade local.
3. **Avaliação do ciclo de vida (ACV):** nenhum dos artigos selecionados apresentou uma avaliação do ciclo de vida completa. Estudos de ACV são essenciais para quantificar o real impacto ambiental da transformação do subproduto e confirmar a sustentabilidade global das soluções propostas.
4. **Pesquisa integrada (tecnologia-sociedade):** são necessários mais projetos de pesquisa-ação que analisem a implementação de tecnologias específicas em comunidades locais, avaliando não apenas a geração de renda, mas também os desafios de apropriação tecnológica, capacitação e governança.
5. **Caracterização e prospecção de subprodutos do Cerrado:** em comparação com a Amazônia, o Cerrado apresenta uma lacuna de conhecimento significativa. É crucial intensificar a pesquisa para caracterizar e prospectar o potencial de valorização de resíduos de outros frutos nativos do Cerrado, como o baru, a mangaba e o murici.

Referências

ABRAMOVAY, R. *et al.* Amazônia: por uma bioeconomia da floresta em pé e dos rios que fluem. In: ABRAMOVAY, R. *et al.* (org.). **Amazônia, uma bioeconomia da floresta: desafios e caminhos para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Edusp, 2021.

AGRO-WASTE design: descartes da agricultura transformados em materiais de construção eficientes. **ArchDaily**, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/976012/agro-waste-design-descartes-da-agricultura-transformados-em-materiais-de-construcao-eficientes>. Acesso em: 18 set. 2025.

ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998.

ALVES, R. M. *et al.* Cupuaçu. In: ALVES, R. M. (ed.). **Frutas nativas**. Jaboticabal: Funep, 2010. p. 233-252.

AMARAL, A. C. Z.; MALCHER, D. S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos de Macapá-AP**. Macapá: IEPA, 2012.

BERNI, J. V. *et al.* Produção e caracterização de carvão ativado proveniente do caroço de açaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 22, 2018, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Blucher, 2018. p. 3100-3103.

CARVALHO, A. V. **Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas de semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

COUTO, E. M. **Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CRUZ JUNIOR, G. **Produção e caracterização de carvão ativado a partir de resíduos da agroindústria amazônica**. 2010. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

DEL POZO-INSFRAN, D. *et al.* Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) polyphenolics in their glycoside and aglycone forms inhibit colon cancer cell proliferation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 4, p. 1222-1229, 2006.

DESAFIOS e oportunidades para o aproveitamento de resíduos na geração de biogás. **Revista Amazônia**, 2024. Disponível em: <https://revistaamazonia.com.br/aproveitamento-residuos-biogas-amazonia/>. Acesso em: 20 out. 2025.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Projeto RECA - Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado**, [s. d.]. Disponível em: https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/conexao-local/1reca_2.pdf. Acesso em: 02 out. 2025.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e metanálises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335-342, 2015.

MENDES, R. A. *et al.* Aproveitamento do caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para produção de artesanato como alternativa de renda em comunidade amazônica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 768-779, 2020.

MIRANDA, I. P. de A. *et al.* Descarte e destinação final de caroços de açaí processado em Macapá e Santana, Amapá, Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, e00952, 2018.

OCMÍN, L. G. A. *et al.* Caracterização físico-química e potencial antioxidante de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) do cerrado sul-matogrossense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1135-1143, 2010.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021.

PEREIRA, B. A. **A contribuição do aproveitamento dos resíduos agroindustriais para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável pelas agroindústrias da Zona Franca de Manaus**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

RIBEIRO OLIVEIRA, L. *et al.* Pregelatinized flours of açaí (*Euterpe oleracea*) seed residue: physicochemical and functional properties. **Food Science and Technology**,

v. 39, suppl. 2, p. 547-554, 2019.

SANTOS, R. S. *et al.* Economic feasibility of activated carbon with Brazilian chestnut hedgehog (*Bertholletia excelsa*). **Future Studies Research Journal**, v. 14, n. 2, p. 1-15, 2022.

SOARES JÚNIOR, M. S. *et al.* Caracterização físico-química da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e sua utilização na elaboração de biscoitos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 453-459, 2010.

SOUZA, C. **O que é upcycling e como a sua empresa pode aderir a essa tendência**. Sebrae, 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pe/arquivos/o-que-e-upcycling-e-como-a-sua-empresa-pode-aderir-a-essa-tendencia.b16ac5a262798810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 12 set. 2025.

SOUZA, J. R. C. **Território e desenvolvimento**: análise da produção de açaí na região Tocantina (PA). 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

UPCYCLING aplicado a alimentos cria oportunidades na agroindústria. **Wageningen University & Research**, 2021. Disponível em: <https://www.condominiosverdes.com.br/upcycling-aplicado-a-alimentos-cria-oportunidades-na-agroindustria/>. Acesso em: 03 ago. 2025.

WOLFF, L. A. S. **Análises dos efeitos do óleo da semente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em modelo de colite/câncer colorretal**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

Informações complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos neste artigo.
Uso de Inteligência Artificial		Não há.
CrediT	Guilherme Eliziario Silveira	Funções: conceitualização, supervisão, análise formal, metodologia e escrita – rascunho original.
	Maria Andresa de Sousa Barroso	Funções: conceitualização, validação, investigação e curadoria dos dados.

Avaliadores: Dr. Valdir Ribeiro Correia* (Instituto Federal do Tocantins, Tocantins, Brasil). O avaliador “B” optou pela avaliação fechada e pelo anonimato.

Revisora do texto em português: Laura Akemi Côrtes Massunari.

Revisora do texto em inglês: Patrícia Luciano de Farias Teixeira Vidal.

Revisora do texto em espanhol: Graziani França Claudino de Anicézio.

Como citar:

SILVEIRA, Guilherme Eliziario; BARROSO, Maria Andresa de Sousa. Upcycling de subprodutos da agroindústria da Amazônia e do Cerrado: microrrevisão de tecnologias e impactos socioeconômicos. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 10, p. e1896, 2026. DOI: 10.47236/2594-7036.2026.v10.1896. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1896>.

* Optou pela avaliação aberta e autorizou a divulgação da identidade no trabalho publicado e do parecer na página da Revista.