

BIOECONOMIA E ECONOMIA CIRCULAR NA CADEIA DO CAFÉ: VALORIZAÇÃO DA BIOMASSA RESIDUAL COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

**BIOECONOMY AND CIRCULAR ECONOMY IN THE COFFEE SUPPLY CHAIN:
VALORIZATION OF RESIDUAL BIOMASS AS A SUSTAINABLE STRATEGY IN
THE AMAZON**

Ciências Humanas • 22/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790018685](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790018685)

Edileuza Lobato da Cunha¹
Shirley de Azevedo Nóbrega

RESUMO

O mundo enfrenta a urgente necessidade de transição para modelos sustentáveis que neutralizem as emissões de gases de efeito estufa. Nesse cenário, o objetivo geral deste estudo é analisar os desafios estruturais e identificar estratégias tecnológicas e sustentáveis para a implementação da Economia Circular na cadeia produtiva do café na Amazônia, focando na valorização de sua biomassa residual e no potencial de transição para matrizes energéticas limpas na agricultura familiar. A metodologia adota uma abordagem mista (qualitativa-quantitativa), de caráter descritivo e exploratório, fundamentada no delineamento de estudo de caso múltiplo. Os dados primários foram coletados via formulário de diagnóstico e entrevista com a unidade produtora familiar do Café Passiá, enquanto os dados secundários envolveram análise documental de iniciativas regionais consolidadas da feira ExpoPIM 4.0 e da revista da COP 30. Os resultados revelam que o processamento por via seca elimina resíduos hídricos, mas a casca e a polpa sofrem deposição direta rudimentar no solo. Identificou-se uma barreira econômica de R\$ 118.000,00 para aquisição de maquinário industrial de limpeza e torra, agravada pela dupla jornada de trabalho da produtora. Conclui-se que a substituição do óleo diesel pela queima direta da biomassa da casca seca do café apresenta alta viabilidade técnica e térmica para mitigar custos logísticos e consolidar a sustentabilidade da propriedade familiar. Desse modo, o fortalecimento de arranjos cooperativos e políticas públicas de fomento surge como fator imperativo para viabilizar essa transição tecnológica e inserir competitivamente o produtor tradicional nos mercados de créditos ambientais e selos verdes de rastreabilidade internacional.

Palavras-chave: Economia Circular; Café Passiá; Biomassa Residual; Transição Energética; Agricultura Familiar.

ABSTRACT

The world faces an urgent need to transition toward sustainable models that neutralize greenhouse gas emissions. In this scenario, the general objective of this study is to analyze the structural challenges and identify sustainable technological strategies for implementing the Circular Economy in the Amazonian coffee production chain, focusing on the valorization of its residual biomass and the potential transition to clean energy matrices in family agriculture. The methodology adopts a mixed approach (qualitative-quantitative), descriptive and exploratory in nature, based on a multiple case study design. Primary data were collected via a diagnostic form and an interview with the family production unit of Café Passiá, while secondary data involved a documentary analysis of consolidated regional initiatives from the ExpoPIM 4.0 fair and the COP 30 magazine. The results reveal that dry processing eliminates water waste, but husk and pulp undergo rudimentary direct soil deposition. An economic barrier of R\$ 118,000.00 was identified for the acquisition of industrial cleaning and roasting machinery, aggravated by the producer's double working hours. It is concluded that replacing diesel oil with the direct burning of dry coffee husk biomass presents high technical and thermal viability to mitigate logistics costs and consolidate the sustainability of the family property. Thus, strengthening cooperative arrangements and public development policies emerges as an imperative factor to enable this technological transition and competitively insert the traditional producer into environmental credit markets and international green traceability certification labels.

Keywords: Circular Economy; Café Passiá; Residual Biomass; Energy Transition; Family Agriculture.

1. INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta a urgente necessidade de zerar suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2050 para evitar eventos climáticos mais intensos e frequentes, que ameaçam a vida humana, alteram ecossistemas, reduzem a biodiversidade e agravam a insegurança alimentar. Enquanto parte das emissões pode ser anulada por meio de energias renováveis, eficiência energética e mudança nos hábitos alimentares, o restante está relacionado à produção de insumos e bens de consumo. Neutralizar as emissões de GEE até 2050 exigirá uma profunda transformação das cadeias de valor em toda a economia, incluindo o desenvolvimento de novos produtos, processos e modelos de negócios. A Economia Circular (EC), que promove o aproveitamento máximo do valor associado a materiais e recursos, expandindo sua vida útil e restaurando ecossistemas, é crucial nesse contexto. Estudos indicam que, quando aplicadas aos setores-chave da indústria de transformação (cimento, aço, plástico e alumínio), as estratégias de EC podem reduzir as emissões em até 45%. No sistema alimentar, a redução pode chegar a até 49% em 2050. Portanto, a adoção da EC é essencial para enfrentar o desafio climático global (Borschiver; Tavares, 2022).

O quadro de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aprovado pela Organização das Nações Unidas (ONU), é abrangente e multidisciplinar, englobando 17 objetivos gerais com múltiplas metas que abarcam as vertentes económica, social e ambiental. Para alcançar esses ODS, é essencial substituir o atual paradigma de produção linear por um sistema de organização económica baseado na EC. A EC visa ser regenerativa tanto na produção quanto no consumo, implementando processos tecnologicamente inovadores e eficientes que reduzem o consumo e extração de recursos finitos, promovem a reconversão e reutilização de resíduos, e utilizam "energias limpas" (Da Costa Pereira, 2021).

No contexto brasileiro, a aplicação desses conceitos ganha contornos estratégicos e urgentes na Região Amazônica. A bioeconomia local demanda modelos de negócios que valorizem a floresta em pé e otimizem as cadeias agroalimentares existentes, como a do café canéfora (robustas amazônicas). Historicamente, o beneficiamento do café gera um volume massivo de biomassa residual (casca e polpa) que, se manejado de forma linear, resulta em passivos ambientais ou subaproveitamento energético nas propriedades rurais.

Todavia, iniciativas emergentes na região demonstram a viabilidade de arranjos circulares científicos e industriais de sucesso. Destacam-se o Projeto EcoAdubo, uma parceria entre a V.V. Refeições e a Honda no Polo Industrial de Manaus que valida a logística reversa de resíduos cafeeiros para compostagem industrial, e o projeto Cafessaí, apoiado pela FAPEAM, que converte o caroço residual do açaí em bebida processada de alto valor, evidenciando o potencial de conversão de resíduos em novos ativos de mercado com foco na COP 30.

Apesar do forte apelo mercadológico e ecológico, pequenos produtores familiares ainda enfrentam gargalos severos na outra ponta da cadeia. A realidade de campo aponta para a ausência de tecnologias acessíveis de transição energética, como a substituição do óleo diesel por queima de biomassa residual própria, limitações de escala, escassez de tempo no manejo e barreiras financeiras e operacionais para a modernização de seus processos predominantemente manuais. Diante disso, a pergunta-problema deste estudo consiste em entender quais são os principais desafios estruturais e as estratégias tecnológicas viáveis para a implementação da Economia Circular na gestão e valorização da

biomassa residual do café na Amazônia, de modo a superar as limitações operacionais da agricultura familiar e promover a sustentabilidade econômica local.

Para responder a essa problemática, este trabalho estabelece como objetivo geral analisar os desafios estruturais e identificar estratégias tecnológicas e sustentáveis para a implementação da Economia Circular na cadeia produtiva do café na Amazônia, focando na valorização de sua biomassa residual e no potencial de transição para matrizes energéticas limpas na agricultura familiar.

Para o cumprimento dessa meta ampla, o estudo se divide em três objetivos específicos interligados. O primeiro objetivo específico consiste em mapear o perfil produtivo e as práticas atuais de gestão de resíduos e efluentes de cafeicultores familiares regionais, utilizando como referência empírica o estudo de caso do Café Passiá (família Souza). O segundo objetivo específico busca identificar os principais gargalos financeiros, logísticos e operacionais enfrentados pelos pequenos produtores locais para a modernização tecnológica, avaliando a viabilidade técnica do uso da casca seca do café como biomassa para a substituição de combustíveis fósseis (óleo diesel) em processos de secagem e torra. Por fim, o terceiro objetivo específico visa analisar modelos regionais consolidados de economia circular e bioeconomia industrial e científica na Amazônia, como as iniciativas de compostagem industrial e o reaproveitamento de caroços residuais de frutos, avaliando a aplicabilidade prática e a adaptabilidade dessas soluções na cadeia do café regional.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Diferença Entre a Economia Circular e Economia Linear

O consumo é uma atividade que envolve atender às necessidades de indivíduos e organizações através da aquisição e uso de bens ou serviços. Este processo inclui inputs, processamento e outputs, e o produto final impacta tanto na extração de insumos quanto na geração de resíduos. De acordo com o Circularity Gap Report 2021, a economia global é apenas 8,6% circular, o que significa que a maior parte dos 100 bilhões de toneladas de minerais, combustíveis fósseis, metais e biomassa que entram na economia global não são reutilizados (Da Silva, 2022).

A sociedade consome e descarta materiais de acordo com o modelo de economia linear, sem conhecer seu funcionamento real. Este modelo baseia-se na exploração e fabricação de produtos, utilizando recursos finitos. Consumidores e empresas não se preocupam com o destino dos produtos após o descarte, perpetuando um ciclo de desperdício e insustentabilidade (Silva; Candido; De Andrade, 2021).

Antes de definir as características e propostas da EC, é preciso entender como a economia global atua e suas principais características. A economia linear é um modelo econômico unidirecional, onde insumos são extraídos para criar bens que, após seu uso, são desperdiçados e transformados em resíduos. Este sistema poluente degrada os sistemas naturais e contribui para desafios globais como a perda de biodiversidade e as mudanças climáticas (Bertan, 2024).

O sistema de produção linear não consegue acompanhar as mudanças globais das últimas décadas. O aumento da população mundial implica um maior consumo de bens, exigindo a extração contínua de materiais e aumentando os custos de infraestrutura e disposição de resíduos. A incerteza sobre a disponibilidade de

insumos para todas as indústrias cria instabilidade nos mercados globalizados, tensionando as relações entre empresas e governos. Além dos impactos políticos, há também preocupações climáticas que afetam setores essenciais como o agroalimentar (Ferreira, 2021).

Ao contrário da economia linear, que extrai, transforma e descarta os recursos utilizados, a EC propõe repensar o consumo desenfreado de forma a reduzir os impactos no meio ambiente. Faz-se necessário um pensamento sistêmico, com a consciência de que os recursos são finitos (Barbosa; Da Fonseca; Sabbadini, 2022).

Na figura 1, é possível observar uma comparação entre os dois modelos econômicos: a economia linear e a EC. No modelo linear, os resíduos gerados pelas cadeias produtivas são dispostos no ambiente ao final do ciclo, enquanto na EC, esses resíduos retornam ao ciclo produtivo, promovendo a reutilização e reciclagem dos materiais. Isso ilustra a diferença fundamental entre os dois modelos, destacando a sustentabilidade e a eficiência dos recursos na EC.

Figura 1. Esquema comparativo entre economia linear e EC



Fonte: Borschiver e Tavares (2022).

Na linha da figura 1, Parcias (2020) compara a EC a um lago e a economia linear a um rio. Enquanto um rio transporta e transforma recursos ao longo de seu curso, desaguando em algum local e

gerando resíduos, um lago reprocessa recursos e componentes continuamente, sem gerar externalidades além de seu entorno.

A tabela 1 resume as principais diferenças entre a economia linear e circular, destacando as práticas e objetivos distintos em cada modelo.

Tabela 1. Análise comparativa dos modelos de economia linear e circular

<i>Critério</i>	<i>Economia Circular</i>	<i>Economia Linear</i>
<i>Indivíduos</i>	Consumidores conscientes	Consumidores egoístas
<i>Integridade do Sistema</i>	Interrelação entre economia, ecologia e sociedade	Mercado como sistema completo
<i>Objetivo Principal</i>	Equilíbrio ecológico e crescimento sustentável	Maximização de lucros
<i>Nível de Produção</i>	Fabricação em ciclo fechado, produtos reutilizáveis	Crescimento constante da produção
<i>Nível de Consumo</i>	Consumo baseado em necessidade	Consumo excessivo
<i>Gestão de Recursos Naturais</i>	Criação e reciclagem de recursos	Consumo de recursos naturais
<i>Inter-relação entre Sociedade e Natureza</i>	Redução do impacto ambiental	Aumento do impacto ambiental
<i>Recursos Utilizados</i>	Recursos recicláveis e renováveis	Recursos naturais extraídos
<i>Quantidade de Resíduos</i>	Redução de resíduos	Crescimento de resíduos

<i>Tipos de Fabricação Predominantes na Indústria</i>	Indústrias inovadoras e baseadas no conhecimento	Produção intensiva em mão-de-obra
<i>Parceria Social</i>	Responsabilidade empresarial	Analfabetismo ambiental
<i>Ciclo de Vida do Produto</i>	Ciclo de vida prolongado e reutilização	Ciclo de vida curto e depreciação rápida

Fonte: Gureva e Deviatkova (2020)

Conforme tabela 1 a EC enfatiza a sustentabilidade, reutilização e responsabilidade ambiental, promovendo um equilíbrio entre economia, ecologia e sociedade. Já a economia linear prioriza o crescimento econômico e a maximização de lucros, muitas vezes à custa do meio ambiente e da sociedade. A EC representa uma abordagem mais holística e sustentável para o desenvolvimento econômico, enquanto a economia linear reflete uma visão mais tradicional e menos consciente do impacto ambiental.

A adoção da EC não apenas beneficia o meio ambiente, mas também oferece vantagens econômicas significativas. Ao reduzir a dependência de recursos novos e caros, as empresas podem diminuir seus custos de produção e aumentar a eficiência. Além disso, a EC cria novas oportunidades de mercado para produtos e serviços sustentáveis, impulsionando inovação e crescimento econômico. Estudos indicam que a transição para uma economia circular pode gerar milhões de empregos e trilhões de dólares em novos fluxos de receita globalmente (Leitão; Ferreira, 2023).

A EC se diferencia da Economia Linear (EL) principalmente em sua abordagem aos recursos e resíduos. Enquanto a EL segue um

modelo de "extrair, produzir, usar e descartar", a EC promove um ciclo contínuo de "reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar". A EC busca maximizar o valor dos recursos ao longo do tempo, reduzindo a necessidade de extração de matérias-primas e minimizando a geração de resíduos. Em resumo, a EC é uma abordagem mais sustentável e eficiente que visa à preservação dos recursos naturais e à redução dos impactos ambientais.

2.2. Conceitos Básicos da EC

A geração excessiva e a destinação inadequada dos resíduos sólidos são alguns dos principais desafios da sustentabilidade, causando diversos problemas socioambientais. Os impactos mais evidentes incluem a contaminação do solo, das águas e do ar, resultando de práticas inadequadas como a falta de coleta, o envio para lixões e a queima de lixo a céu aberto. Essas práticas afetam diretamente os organismos, prejudicam os ecossistemas e promovem doenças. Mesmo com sistemas de gerenciamento adequados, podem ocorrer impactos, como o uso do solo para aterros, inviabilizando usos mais produtivos, e os impactos das instalações de tratamento, como o chorume de aterros mal operados e as emissões de incineradores. Além disso, há o desperdício de valor dos recursos naturais quando os resíduos são enviados à disposição final, como incineração ou aterro, ao invés de serem reutilizados ou reciclados. Reverter essa perda de valor é uma das vertentes da EC, uma tendência ambiental crucial para a sustentabilidade contemporânea (Ribeiro et al., 2023).

Os sistemas produtivos e modelos econômicos atuais, baseados em uma lógica linear, não são sustentáveis. Eles geram grande acúmulo de resíduos, não reutilizados, levando à escassez de recursos devido à exploração descontrolada e excessiva de matérias primas. O

descarte de produtos ao final de sua vida útil não é sustentável, evidenciando a necessidade de um modelo substituto à economia linear. Previsões indicam que, se mantidos os padrões atuais, o mundo exigirá o dobro de recursos em 2030 e o triplo em 2050 para produzir e absorver todo o consumo de matéria-prima e geração de resíduos (Parcias, 2020).

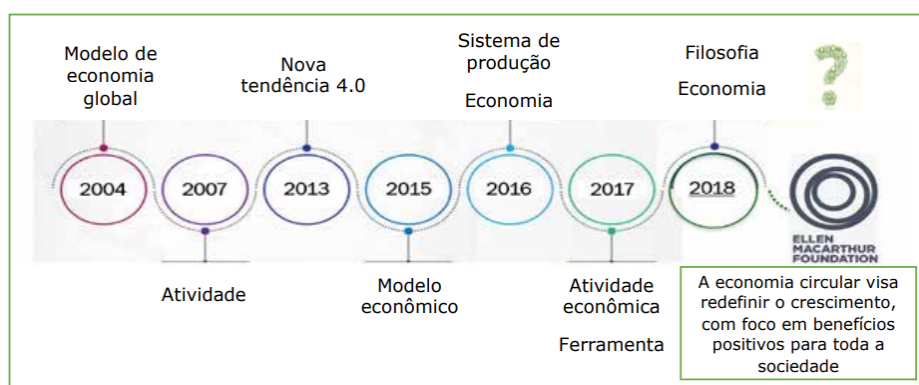
A EC é uma tendência mundial que busca alternativas ao modelo linear de produção-consumo-descarte, preocupando especialistas e a humanidade. Engloba ações como reciclagem, reuso, remanufatura, logística reversa e prolongamento do ciclo de vida das matérias-primas. Este conceito emergente atrai interesse dos pesquisadores e surge como uma possível solução para a escassez de recursos e a sustentabilidade ambiental. A EC visa o desenvolvimento sustentável integrado à qualidade ambiental, prosperidade econômica e igualdade social, sendo viabilizada através de novos modelos de negócios e consumidores responsáveis (Silva et al., 2021).

A EC (EC) tem sua origem em Walter R. Stahel, que teve uma influência significativa no desenvolvimento da sustentabilidade industrial. Posteriormente, o conceito foi ampliado para incluir questões ambientais. Em contraste ao modelo linear tradicional de produção, que envolve a extração de recursos, produção, consumo e descarte de resíduos no ambiente, a EC propõe uma abordagem restaurativa e regenerativa, conhecida como "berço ao berço". Este modelo busca minimizar o desperdício e maximizar o valor dos recursos, promovendo uma economia mais sustentável e menos propensa a gerar impactos ambientais negativos (Ramos et al., 2020). Dugonski et al. (2024), explica que o termo EC foi inicialmente utilizado pela Ellen MacArthur Foundation, em 2010. De acordo com

a Fundação, o conceito de EC visa evitar os malefícios gerados pela economia linear, que se baseia no modelo de Take, Make e Waste.

Em geral, as abordagens para definição de "EC" ao longo de seu desenvolvimento de 15 anos (de 2004 a 2019) podem ser agrupadas da seguinte forma: um determinado modelo, atividade, sistema, estratégia, processo, ferramenta, economia e filosofia. O termo proposto pela Fundação Ellen MacArthur em 2012 é o mais comumente usado e geralmente aceito, encontrado nos trabalhos revisados e na mídia. Vale notar que, no momento, não existe uma definição oficialmente aprovada para o termo (Figura 2).

Figura 2. Abordagens para as definições de “EC”



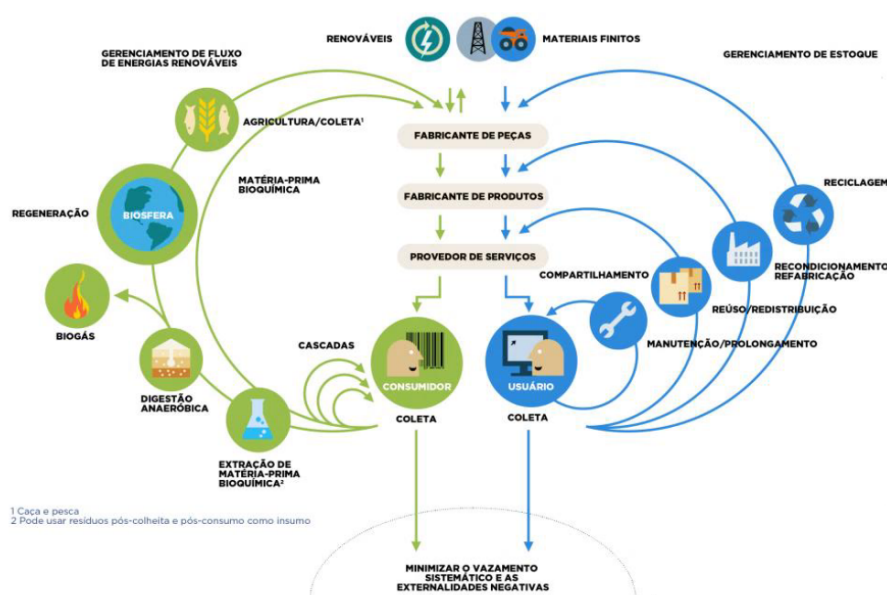
Fonte: Gureva e Deviatkova (2020)

O conceito de EC (EC) visa manter o valor dos recursos extraídos e produzidos em circulação por meio de cadeias produtivas integradas. O destino de um material não é mais apenas uma questão de gerenciamento de resíduos, mas parte do processo de design de produtos e sistemas. O objetivo é aumentar a eficiência do uso de recursos, com foco especial em resíduos urbanos e industriais, para alcançar um melhor equilíbrio e harmonia entre economia, meio ambiente e sociedade (Oliveira; Silva; Moreira, 2020).

Pimentel (2020) afirma que EC assenta-se num modelo de produção que visa otimizar o fluxo de mercadorias e o aproveitamento dos recursos naturais, minimizando a produção de resíduos. Neste processo, a indústria é vista como regenerativa, e não destrutiva, valorizando economicamente o produto. Assim, o crescimento econômico passa a ser visto como positivo e não negativo.

A Figura 3 ilustra como produtos e materiais baseados em nutrientes tecnológicos e biológicos circulam pelo sistema econômico, cada um com seu próprio conjunto de características — que serão detalhadas mais adiante neste capítulo.

Figura 3. A EC — um sistema industrial que é restaurador por concepção



Fonte: adaptado Macarthur et al. (2013)

A imagem ilustra um sistema industrial restaurador baseado nos princípios da economia circular, conforme adaptado por Macarthur et al. (2013), o ciclo verde representa a integração com a biosfera, destacando a agricultura, coleta de matéria-prima bioquímica, regeneração e digestão anaeróbica para produção de biogás. Este ciclo enfatiza o uso de energias renováveis e a extração sustentável

de recursos. O ciclo azul representa processos industriais, começando com o fabricante de peças e produtos, passando pelo provedor de serviços e terminando no consumidor e usuário. Este ciclo inclui práticas de reciclagem, recondicionamento, compartilhamento, reuso e manutenção para prolongar a vida útil dos produtos. Ambos os ciclos são interconectados pela coleta e pelo conceito de minimizar vazamentos e externalidades negativas, promovendo um fluxo contínuo e sustentável de materiais e energia.

De acordo com a figura 2, a tabela que resume as cinco formas de subclassificações de soluções na EC, conforme descrito na tabela 2, nomeada como "Formas de Subclassificações de Soluções na EC", fornece uma visão clara e concisa das diferentes estratégias utilizadas na EC para promover a sustentabilidade e a eficiência nos processos de produção e gestão de recursos.

Tabela 2. Formas de subclassificações de soluções na EC

<i>Subclassificação</i>	<i>Descrição</i>
<i>Redução da Estrutura de Produção</i>	Reduzir a quantidade de materiais necessários para produzir um produto, o que pode incluir o uso de materiais mais leves ou mais eficientes.
<i>Reutilização de Materiais</i>	Usar materiais ou produtos novamente sem a necessidade de reciclagem ou reprocessamento.
<i>Reciclagem de Materiais</i>	Transformar materiais usados em novos produtos ou materiais, geralmente com uma perda de qualidade menor do que a reutilização.
<i>Reinserção de Nutrientes</i>	Retornar materiais ou nutrientes à cadeia de produção, geralmente através de processos de compostagem ou de reciclagem.

Reaproveitamento de Energia	Usar energia gerada como resultado de processos de produção ou de reciclagem para energizar outros processos ou produtos.
------------------------------------	---

Fonte: Bertan (2024)

As cinco formas de subclassificações de soluções na EC, como resumidas na tabela 2, demonstram a ampla gama de estratégias disponíveis para promover a sustentabilidade e a eficiência nos processos de produção e gestão de recursos. Ao adotar essas práticas, é possível criar um sistema econômico mais resiliente e menos dependente de recursos finitos, contribuindo para a preservação do meio ambiente e para o bem-estar futuro das gerações.

A EC é uma abordagem que busca transformar a maneira como os recursos são consumidos e gerenciados, visando a redução, reutilização e reciclagem de materiais. Este modelo diverge do linear, onde os produtos são consumidos e depois descartados, para um ciclo contínuo onde os materiais são utilizados de maneira mais eficiente e sustentável. A EC não apenas reduz a geração de resíduos, mas também promove a sustentabilidade ambiental e econômica, além de criar novas oportunidades de negócios e emprego.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa) e objetivos descritivos e exploratórios. A estratégia metodológica fundamenta-se no delineamento de estudo de caso, permitindo compreender a realidade operacional da produção agrícola familiar com soluções

circulares já consolidadas no cenário industrial e científico da Região Amazônica.

A pesquisa de campo se deu na região Sul do Amazonas café Passiá fica localizado em Lábrea AM. O universo do estudo abrange a cadeia de valor do café canéfora (robustas amazônicas) e as iniciativas de bioeconomia regional associadas ao reaproveitamento de biomassas residuais no estado do Amazonas.

A primeira etapa da pesquisa consistiu na coleta de dados primários em campo, realizada por meio de uma entrevista semiestruturada e aplicação de formulário de diagnóstico junto a uma unidade produtora representativa da agricultura familiar regional: a propriedade da família Souza, responsável pela produção do Café Passiá. O instrumento de pesquisa consistiu em um questionário estruturado em sete blocos temáticos, cobrindo desde o perfil do entrevistado, diagnóstico da gestão de resíduos sólidos e efluentes, percepções sobre bioeconomia, até o mapeamento de barreiras econômicas e intenção de adoção de tecnologias limpas. Os dados qualitativos resultantes da transcrição da entrevista foram submetidos à análise de conteúdo, enquanto os dados métricos e as respostas de escolha única foram tabulados de forma descritiva simples para identificar os principais gargalos operacionais e financeiros da propriedade.

A segunda etapa envolveu a coleta de dados secundários e documentais de natureza mercadológica e tecnológica. Essa fase ocorreu a partir de um levantamento técnico em feiras de inovação industrial na região de Manaus, onde foram selecionados dois marcos de referência (*benchmarks*) publicados em veículos oficiais de fomento em 2026. O primeiro caso documental compreende o

Projeto EcoAdubo, uma parceria entre as empresas V.V. Refeições e Honda no Polo Industrial de Manaus (PIM), focado na logística reversa e compostagem industrial de borra de café e casca de ovos. O segundo caso documental refere-se ao projeto Cafessaí da Amazônia, coordenado com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), focado no beneficiamento, torra e moagem de caroços residuais de açaí para consumo humano.

A etapa final do método consistiu na análise dos dados. As limitações identificadas no campo, como o alto custo de aquisição de maquinário (limpadores e torradores industriais) e a viabilidade técnica de substituição do óleo diesel por queima da biomassa da casca seca do café, foram confrontadas com os modelos de negócios dos casos secundários. O processo de triangulação de dados buscou avaliar como a lógica de investimento privado e logística reversa aplicada no Polo Industrial de Manaus, somada à tecnologia de torra de sementes alternativas validadas pela FAPEAM, podem subsidiar estratégias de economia circular viáveis e aplicáveis à realidade de escala e restrição de mão de obra da cafeicultura familiar amazônica.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise integrada dos dados de campo e das evidências documentais coletadas revelou que a propriedade da família Souza (Café Passiá) opera em um estágio inicial de consolidação de mercado (2 a 5 anos de atuação), mas com uma resposta comercial expressiva no varejo local, evidenciada pela comercialização célere de 900 pacotes de café artesanal e picos de demanda em feiras regionais. No diagnóstico da gestão de subprodutos e efluentes, constatou-se que o processamento do robusta clonal ocorre

integralmente por via seca com auxílio de estufa para secagem natural, eliminando o uso de água no beneficiamento e a consequente geração de águas residuárias poluentes. Todavia, a destinação da casca e da polpa seca revela uma prática rudimentar: a deposição direta na lavoura como adubo, sem passar por uma etapa intermediária de compostagem planejada. Conforme a conceituação clássica de MacArthur (2013), a verdadeira Economia Circular exige que os materiais circulem em ciclos regenerativos projetados intencionalmente, minimizando perdas. A aplicação direta e bruta da biomassa na terra, embora evite o descarte externo poluente, retarda a biodisponibilidade de nutrientes no solo.

Apesar dessa limitação técnica, o reaproveitamento empírico de cascas de outras culturas (como cacau e melancia) integradas ao manejo demonstra uma disposição intrínseca da produtora para práticas de ciclagem de nutrientes. Sob a perspectiva de Leitão (2022), a convergência entre a produção de base orgânica e a filosofia circular reside justamente no fechamento de ciclos biológicos dentro do próprio ecossistema produtivo, reduzindo a dependência de insumos químicos sintéticos externos de alto custo. A compreensão parcial da bioeconomia demonstrada pela entrevistada, estreitamente conectada à geração de receita e economia interna a partir do que antes era considerado rejeito, valida a tese de Oliveira (2020), que identifica a mudança de mentalidade do agente produtor como o primeiro passo imperativo para a transição ecológica em sistemas de gestão de resíduos sólidos. Essa percepção é respaldada pela literatura de Borschiver (2022), que classifica a reincorporação de biomassas agrícolas como uma estratégia elementar de valorização de recursos que estende sua vida útil dentro do próprio sistema de produção.

Para conferir maior rigor metodológico e transparência à análise qualitativa e quantitativa obtida no campo, as respostas estruturadas do formulário de diagnóstico aplicado à produtora do Café Passiá foram sistematizadas no quadro 1.

Quadro 1. Diagnóstico do Perfil Produtivo e Gestão de Resíduos do Café Passiá

Bloco Temático	Parâmetro Analisado	Resposta da Produtora (Dados de Campo)
I. Perfil e Propriedade	Papel na Cadeia / Tempo de Atuação	Agricultora Familiar / 2 a 5 anos de experiência
	Variedade / Sistema de Cultivo	Café Robusta Clonal / Monocultura a pleno sol
	Escala da Produção / Comercialização	Pequena escala / Venda artesanal (900 pacotes)
II. Gestão de Resíduos	Destino da Casca e Polpa do Café	Aplicação direta no solo (sem compostagem prévia)
	Mistura de Outras Culturas	Adição de cascas de cacau e melancia no manejo
	Destino da Água Residuária	Via seca (estufa natural). Água de irrigação simples
III. Bioeconomia	Conhecimento do Conceito	Compreensão parcial (vinculada a resíduo e renda)
	Potencial Percebido de Renda (1 a 5)	Potencial positivo (não mensurado formalmente)
IV. Barreiras	Gargalo Principal de Mão de Obra	Falta de tempo (Jornada dupla como Professora)

Fonte: dados da pesquisa (2026)

Os dados consolidados no quadro deixam evidente que a transição para uma estrutura circular madura esbarra em severos gargalos financeiros e operacionais. O maior desafio relatado está na aquisição de maquinários industriais necessários para modernizar e acelerar o beneficiamento. A cotação de mercado atualizada aponta custos proibitivos para a realidade da agricultura familiar local, sendo estimados R\$ 68.000,00 para uma máquina de limpeza do café e R\$ 50.000,00 para um torrador industrial. A ausência desses ativos fixos obriga a família a realizar todas as etapas de colheita, secagem, limpeza, torra e embalagem de forma totalmente manual. Esse cenário resulta em longas jornadas de trabalho que frequentemente avançam até a madrugada para atender à demanda de pedidos recorrentes. O fator tempo e a escassez de mão de obra especializada atuam como as principais forças restritivas para o aproveitamento nobre dos resíduos, uma vez que a produtora necessita conciliar a atividade cafeeira com a jornada de trabalho na profissão de professora.

Diante do alto custo dos combustíveis fósseis na região e da matriz manual instalada, a substituição do óleo diesel pela queima da biomassa da casca do café desponta como a estratégia tecnológica e econômica mais viável para a propriedade. A tabela a seguir mensura as barreiras de capital identificadas e o potencial de substituição da matriz fóssil para viabilizar essa transição energética, conforme apresentado em quadro 2.

Quadro 2. Barreiras de Capital e Proposta de Transição Energética para a Propriedade

Equipamento / Insumo	Custo de Mercado Comercial	Impacto Operacional Atual na Propriedade	Proposta de Estratégia Circular
-----------------------------	-----------------------------------	---	--

Máquina de Limpeza	R\$ 68.000,00	Processo manual, esforço físico e gargalo de tempo	Automação do beneficiamento seco da biomassa
Torrador Industrial	R\$ 50.000,00	Trabalho manual estendido até a madrugada	Adaptação para queima de biomassa (casca)
Combustível Fóssil	Variável (Óleo Diesel)	Alto custo de frete/acesso no interior amazônico	Substituição por 100% da casca de café seca

Fonte: dados da pesquisa (2026)

A barreira econômica consolidada de R\$ 118.000,00 para a aquisição do conjunto básico de beneficiamento explica a estagnação do projeto na fase artesanal e manual. De acordo com o panorama traçado por Silva (2021), a escassez de linhas de crédito verde desburocratizadas e a ausência de políticas públicas capilares voltadas à inovação tecnológica na agricultura familiar do Brasil impossibilitam que pequenos núcleos absorvam os custos de transição para a sustentabilidade industrial de forma isolada. Como o processamento do café robusta clonal da família Souza ocorre por via seca, a casca é expelida do limpador com baixíssima umidade, configurando uma biomassa combustível com excelente poder calorífico e resíduo zero. Conforme apontado por Ribeiro (2023), a transição de um resíduo de "lixo" para "recurso" dentro de uma lógica de reaproveitamento direto mitiga o descarte incorreto. A substituição do diesel pela queima direta dessa casca seca nas fornalhas de secagem mecânica e nos queimadores de torradores adapta simultaneamente o custo fixo logístico do combustível e o fim da dependência fóssil.

Sob a ótica teórica de Ramos (2020), a substituição de insumos lineares por fontes renováveis residuais próprias constitui o caminho mais curto para a inovação sustentável em pequenas organizações, criando resiliência econômica. Essa substituição direta blindo o produtor contra as oscilações de preços de combustíveis e as complexidades logísticas de transporte comuns no interior da Amazônia. Esse modelo ganha validação externa e institucional ao ser confrontado com os casos da feira ExpoPIM 4.0 e do portfólio da COP 30. O Projeto EcoAdubo, desenvolvido pela V.V. Refeições em parceria com a Honda no Polo Industrial de Manaus, demonstra que resíduos de borra de café possuem demanda e escala quando integrados a redes corporativas de logística reversa e compostagem industrial. Complementarmente, o projeto Cafessaí da Amazônia, financiado pela FAPEAM, prova que a mesma tecnologia de torra aplicada pela família Souza pode ser chancelada cientificamente para valorizar outras biomassas da região, como o caroço de açaí.

Conforme discutido por Silva (2021), as organizações do século XXI necessitam estruturar redes de cooperação técnica e políticas públicas de fomento intersetorial para viabilizar novas filosofias de gestão e diluir os custos fixos de transição tecnológica. A convergência desses casos indica que, uma vez superado o gargalo de investimento em maquinário por meio de cooperativismo ou fomento estatal, a cadeia do Café Passiá reúne os atributos técnicos e ecológicos necessários para otimizar o uso do solo, neutralizar o balanço de carbono da torra, pleitear certificações de mercado de alta exigência e conquistar selos verdes de rastreabilidade internacional focados na COP 30.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo cumpriu seu objetivo geral ao analisar os desafios estruturais e identificar estratégias tecnológicas viáveis para a implementação da Economia Circular na cafeicultura familiar da Amazônia. O diagnóstico de campo revelou que a valorização da biomassa residual já ocorre de forma empírica na propriedade analisada por meio da deposição direta da casca do café no solo. No entanto, a ausência de processos controlados de compostagem e a dependência de métodos de processamento manuais e artesanais limitam o aproveitamento do potencial bioeconômico total desse subproduto regional.

Os principais gargalos identificados concentram-se na barreira financeira para a aquisição de maquinário de beneficiamento e na severa restrição de tempo da produtora. A necessidade de conciliar o manejo agrícola com a jornada profissional docente fragmenta a dedicação exclusiva à atividade rural e impede a expansão da escala produtiva. Diante desse cenário, a substituição estratégica do uso do óleo diesel pela queima da casca seca do café surge como a alternativa mais promissora para promover a eficiência energética e reduzir os custos logísticos no interior amazônico.

O confronto do cenário rural com os casos corporativos e de pesquisa da região confirmou que existem arranjos circulares maduros capazes de inspirar novas cadeias de valor. As evidências documentais demonstram que a biomassa residual possui forte apelo mercadológico e validação científica local. A integração desses modelos indica que a cadeia do café regional reúne todas as condições necessárias para pleitear certificações verdes e rastreabilidade ambiental para os mercados mais exigentes.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos quantitativos específicos sobre o poder calorífico exato da casca do café robusta clonal cultivado no solo amazônico. Recomenda-se também a modelagem de viabilidade financeira para a criação de miniusinas comunitárias de torrefação e limpeza compartilhada entre pequenos produtores. Esses arranjos de cooperação mútua são fundamentais para diluir os custos fixos de investimento em tecnologia limpa e viabilizar a inserção soberana da agricultura familiar nos mercados de créditos de carbono com vistas à COP 30.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Jéssica Moreira; DA FONSECA, Mariana Balieiro Aguiar; SABBADINI, Francisco Santos. A evolução da remanufatura na Economia Circular: um panorama acadêmico-tecnológico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e39611831163-e39611831163, 2022.

BERTAN, Luís Eduardo Guollo. **Classificação de soluções voltadas à Economia Circular adotadas por empresas do segmento de beleza e cuidados pessoais**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Florianópolis, 2024,

BORSCHIVER, Suzana; TAVARES, Aline Souza. **Catalisando a Economia Circular: conceitos, modelos de negócios e sua aplicação em setores da economia**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Federal do Rio de Janeiro (JUFRJ), 2022.

DA COSTA PEREIRA, Raquel Susana. O sistema de EC ea Agenda 2030: análise da evolução em Portugal. **Revista de Economia, Empresas e Empreendedores na CPLP**, v. 7, n.1, p. 097-124, 2021.

DA SILVA, Luciano Ferreira. **Gestão dos resíduos urbanos e Economia Circular. Ponto De Encontro Da Sustentabilidade**. São Paulo: CD.G Casa de Soluções e Editora, Capítulo 6. p. 73, 2022.

DUGONSKI, Franciany et al. EC e Gestão Total de Resíduos: aterro zero em um parque turístico brasileiro. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 15, n. 2, p. 138-151, 2024.

GUREVA, Maria A.; DEVIATKOVA, Yulia S. Formação do Conceito de EC. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 2, p. 156-169, 2020

LEITÃO, Fabrício Oliveira; FERREIRA, Gabriel Machado Freitas. Relação entre produção orgânica e a Economia Circular: um estudo de caso dos tomates orgânicos. **Informe Gepec**, v. 26, n. 2, p. 108-126, 2022.

MACARTHUR, Ellen et al. Towards the circular economy. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 1, p. 23-44, 2013.

OLIVEIRA, Adna Caroline Vale; SILVA, Aline de Souza; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. Economia Circular: conceitos e contribuições na gestão de resíduos urbanos. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 44, 2020.

PARCIAS, Rodrigo Villela. **Economia Circular e Gestão da Sustentabilidade: um estudo sobre a CocaCola Company Brasil**. Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro, 2020.

PIMENTEL, Andréa Bueno. **Economia Circular**. Andréa Bueno Pimentel, Anastácia Fontanetti. – São Carlos : UFSCar/CPOI, 2020.

RAMOS, Claudemir et al. Economia Circular como caminho para inovação e sustentabilidade. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 5, n. 3, p. 242-259, 2020.

RIBEIRO, Flávio de Miranda. De lixo a recurso: a visão dos resíduos sólidos na EC. **Revista Eletrônica Leopoldianum**, v. 49, n. 137, p. 13-13, 2023.

SILVA, Heloísa Helena Duarte; CANDIDO, Wesley Pereira; DE ANDRADE, Jose Abel. Economia Circular: como as organizações estão lidando com essa filosofia de gestão no século XXI. **XVI Simpósio dos programas de mestrado profissional unidade de pós-graduação, extensão e pesquisa**, 2021.

SILVA, Thainy Genny Esteves et al. Economia Circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. **Revista produção online**, v. 21, n. 3, p. 951-972, 2021.

FORMULÁRIO DE PESQUISA DE CAMPO

Projeto: Bioeconomia e Economia Circular na Cadeia do Café Amazônico

Público-Alvo: Produtores, Gerentes de Cooperativas, Agrônomos e Técnicos de Extensão Rural.

I. Perfil do Entrevistado e da Propriedade

1. Qual é o seu papel principal na cadeia do café?

- ☐ Produtor(a) de café
- ☐ Gestor(a) / Diretor(a) de Cooperativa ou Associação
- ☐ Técnico(a) Agrícola / Engenheiro(a) Agrônomo(a)
- ☐ Outro: _____

2. Qual é a variedade de café predominantemente cultivada/processada na sua região?

- ☐ Café Canéfora (Robusta / Conilon / Robustas Amazônicos)
- ☐ Café Arábica
- ☐ Ambos

3. Como é o sistema de cultivo predominante que você opera ou assiste?

- ☐ Monocultura a pleno sol
- ☐ Sistema Agroflorestal (SAF) - consorciado com árvores nativas/frutíferas
- ☐ Cultivo sombreado tradicional

II. Diagnóstico da Gestão de Resíduos (A Realidade Atual).

4. Atualmente, o que é feito com a maior parte da CASCA e da POLPA do café após o beneficiamento? (Marque mais de uma se houver)

- () Fica acumulada ao ar livre na propriedade até secar/decompor.
- () É jogada na lavoura diretamente (sem compostagem) como adubo.
- () Passa por processo de compostagem planejada antes de voltar ao solo.
- () É queimada no secador de café como fonte de calor.
- () É descartada / jogada fora da propriedade.

5. Qual é o principal destino da ÁGUA RESIDUÁRIA (água utilizada na lavagem/despulpamento), se aplicável?

- () Não fazemos processamento via úmida (via seca/natural).
- () É descartada diretamente no solo / pasto.
- () É direcionada para caixas de decantação / tanques de infiltração.
- () É descartada em cursos d'água (rios, igarapés).
- () É tratada/aproveitada (ex: fertirrigação ou biodigestor).

III. Percepção sobre Bioeconomia e Barreiras de Implementação

6. Em uma escala de 1 a 5, o quanto você acredita que os resíduos do café podem gerar renda extra ou economia financeira para a propriedade?

- ☐ 1 - Nenhum potencial (são apenas lixo/problema)
- ☐ 2 - Baixo potencial
- ☐ 3 - Médio potencial
- ☐ 4 - Alto potencial
- ☐ 5 - Potencial total (recurso muito valioso)

7. Na sua visão, qual é o MAIOR DESAFIO para que as propriedades adotem tecnologias de economia circular na Amazônia? (Escolha a principal)

- ☐ **Logística e Distância:** Dificuldade de transportar e juntar os resíduos de vários sítios.
 - ☐ **Falta de Dinheiro:** Alto custo financeiro para comprar máquinas e equipamentos.
 - ☐ **Falta de Conhecimento:** Pouco treinamento técnico sobre como reaproveitar esses materiais.
 - ☐ **Mão de Obra:** Falta de pessoas na propriedade para gerenciar a compostagem ou os equipamentos.
 - ☐ Outro: _____
-

¹ Doutorado em Turismo e Hotelaria (Universidade do Vale do Itajaí - Univali). Universidade do Estado do Amazonas - EA, Av. Leonardo Malcher, 1146, Centro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8336-0305>.
E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).