



INFRAESTRUTURA DE ECONOMIA CIRCULAR NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE INTERTEMPORAL E SALVAGUARDAS DE LONGO PRAZO EM PROJETOS DE LOGÍSTICA REVERSA.

Circular Economy Infrastructure in the Manaus Industrial Hub: Intertemporal Sustainability Indicators and Long-Term Safeguards in Reverse Logistics Projects

Sephora de Mendonça Melo¹
Edileuza Lobato da Cunha²
Rúbia Silene Alegre Ferreira³

RESUMO

Este artigo tem por objetivo investigar a vulnerabilidade financeira e jurídica de projetos de reciclagem e logística reversa no Polo Industrial de Manaus (PIM). Especificamente, a pesquisa propõe: a) apontar caminhos para favorecer a perenidade de projetos de grande porte, mitigando o impacto ambiental do descarte inadequado de resíduos complexos na Amazônia Central; b) indicar, por meio da governança corporativa e ambiental, condições que possam contribuir para a elevação da competitividade no segmento da logística reversa regional; e c) propor o uso de uma matriz de indicadores de sustentabilidade intertemporal baseada em salvaguardas ambientais. A metodologia caracteriza-se como pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, apoiada em revisão bibliográfica e documental do arcabouço normativo estadual e federal. O procedimento metodológico compreende a análise de conteúdo de diretrizes de financiamento sustentável e a sistematização de fluxos operacionais de rastreabilidade de resíduos, com o objetivo de converter requisitos institucionais em variáveis quantitativas e auditáveis. Como contribuição, o estudo apresenta uma estrutura conceitual destinada a aproximar requisitos de financiamento sustentável e práticas de monitoramento ambiental contínuo. A aplicação empírica da matriz ainda depende de calibração dos pesos, validação das métricas e disponibilidade de dados operacionais.

Palavras-chave: Logística Reversa; Polo Industrial de Manaus; Salvaguardas Ambientais; Sustentabilidade Intertemporal; Governança ESG.

ABSTRACT

¹ Jornalista Aluna do Programa de MBA em ESG e Sustentabilidade pela Universidade Estadual do Amazonas. **Orcid** <https://orcid.org/0009-0001-2969-294X>

² Pós Doutoranda em Sociologia (Universidade Federal do Amazonas-UFAM), Doutora em Turismo e hotelaria (Univali). Coordenadora do MBA em ESG e Sustentabilidade. **E-mail** elobato@uea.edu.br
Orcid <https://orcid.org/0000-0002-8336-0305>

³ Doutora em Economia, pela Universidade Católica de Brasília (UCB) em 2018. Pós Doutora em Economia em 2024 (UCB). Mestre em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Amazonas (2008). Docente na Universidade do Estado do Amazonas (UEA) **Lattes** <http://lattes.cnpq.br/6601087522831430> **Orcid** <https://orcid.org/0000-0001-7924-4611> rsferreira@uea.edu.br

This article investigates the financial and legal vulnerabilities of recycling and reverse-logistics projects within the Manaus Industrial Pole (PIM). Specifically, the research proposes: (a) identifying pathways that may support the long-term viability of large-scale projects while mitigating the environmental impacts of improper disposal of complex waste in Central Amazonia; (b) outlining corporate and environmental governance conditions that may contribute to competitiveness in the regional reverse-logistics sector; and (c) proposing an intertemporal sustainability indicator matrix based on environmental safeguards. The study is applied, exploratory and descriptive, supported by bibliographic and documentary review of the state and federal regulatory framework. The methodological procedure includes content analysis of sustainable-finance guidelines and the systematization of operational waste-traceability flows, with the aim of converting institutional requirements into quantitative and auditable variables. As a contribution, the study presents a conceptual framework intended to connect sustainable-finance requirements with continuous environmental monitoring practices. Empirical application of the proposed matrix still requires calibration of weights, validation of metrics and availability of operational data.

Keywords: Reverse Logistics; Manaus Industrial Pole; Environmental Safeguards; Intertemporal Sustainability; ESG Governance.

1 INTRODUÇÃO

A transição para modelos econômicos circulares ampliou a relevância estratégica da logística reversa para a gestão ambiental e para a eficiência no uso de recursos. Nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a logística reversa organiza ações e procedimentos que permitem o retorno de resíduos e materiais ao setor empresarial para reaproveitamento, reciclagem ou outra destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). No Brasil, a Lei nº 12.305/2010 consolidou a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre os agentes da cadeia e os consumidores. No Estado do Amazonas, a Lei Estadual nº 4.457/2017 e sua regulamentação complementam esse marco, considerando as particularidades territoriais e logísticas da região.

No contexto do Polo Industrial de Manaus (PIM), a logística reversa assume elevada complexidade em razão da diversidade de cadeias produtivas e das características geográficas da Amazônia Central. O PIM reúne, entre outros, segmentos eletroeletrônico, de duas rodas, químico e de termoplásticos, cujas operações podem gerar resíduos que exigem controle específico, como placas de circuito impresso, baterias, metais e plásticos de engenharia. A limitada integração rodoviária de Manaus com os grandes centros consumidores torna o modal hidroviário particularmente relevante tanto para o abastecimento quanto para a movimentação reversa de materiais.



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

Sob a ótica da governança corporativa, a logística reversa não se limita ao cumprimento de obrigações legais: ela também integra práticas de gestão ambiental, controle de riscos e transparência. A eficiência da gestão pós-consumo pode contribuir para a redução de impactos ambientais e para o fortalecimento da conformidade regulatória. Além disso, instituições financeiras nacionais e multilaterais dispõem de instrumentos voltados a projetos sustentáveis, cujas condições de acesso e manutenção podem incluir requisitos ambientais, sociais e de governança.

Nesse contexto, a dificuldade de demonstrar desempenho consistente ao longo do tempo pode aumentar a percepção de risco dos projetos. Para enfrentar essa questão, este artigo propõe a formulação de uma Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal baseada em Salvaguardas Ambientais (MISI-PIM), concebida como modelo conceitual de monitoramento para empresas, operadoras logísticas e gestores de iniciativas de economia circular no PIM.

Para conferir consistência ao modelo, a matriz incorpora critérios de rastreabilidade documental, verificação de conformidade e transparência das informações. Os indicadores propostos abrangem a taxa de recuperação de massa, a eficiência e a recirculação hídrica no reprocessamento de materiais e o balanço de emissões associado ao transporte fluvial de retorno. A proposta busca converter requisitos institucionais e operacionais em dados passíveis de acompanhamento e auditoria, sem presumir, nesta etapa conceitual, a validação empírica dos resultados.

Para alcançar os objetivos propostos, este artigo encontra-se estruturado em cinco seções fundamentais. Além desta Introdução, a **Seção 2** apresenta o Referencial Teórico, detalhando o arco normativo da logística reversa no Amazonas (da PERS/AM ao Decreto nº 50.890/2024 e Portaria IPAAM nº 160/2025) e sua dinâmica no PIM. A **Seção 3** descreve os Procedimentos Metodológicos empregados na análise documental e na construção conceitual do modelo.

A **Seção 4** é dedicada à Discussão dos Resultados, na qual se analisam as formas de assegurar a perenidade dos projetos, a elevação da competitividade no setor e a proposição detalhada da Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal (MISI-PIM). Por fim, a **Seção 5** traz as Considerações Finais, sintetizando as contribuições do trabalho, suas limitações e as recomendações para pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO:



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

2.1 O Arcabouço Normativo da Logística Reversa no Estado do Amazonas

No cenário atual, a gestão de resíduos sólidos e a transição para a economia circular no Estado do Amazonas são estruturadas por um ecossistema normativo gerido de forma integrada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/AM) e pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM). Essa arquitetura legal, ao regulamentar as diretrizes federais no âmbito regional, impõe obrigações diretas e rigorosas às cadeias produtivas e às operações de mercado.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS/AM), instituída pela Lei Estadual nº 4.457/2017, complementa no âmbito estadual os princípios estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010). Entre seus dispositivos, a lei define a logística reversa no art. 28 e determina, no art. 31, que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes estruturem e implementem sistemas de logística reversa, mediante retorno de subprodutos residuais e embalagens após o uso pelo consumidor (AMAZONAS, 2017).

Com o objetivo de regulamentar a aplicação estadual da logística reversa, foi editado o Decreto Estadual nº 50.890, de 16 de dezembro de 2024, que regulamenta o art. 31 da Lei Estadual nº 4.457/2017 e estabelece diretrizes para a responsabilidade pós-consumo e sua incorporação ao licenciamento ambiental no Amazonas. O art. 4º do Decreto relaciona os setores obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa.

Em complemento ao Decreto nº 50.890/2024, o IPAAM publicou a Portaria/IPAAM/P nº 160/2025, de 28 de novembro de 2025, que estabelece procedimentos e prazos para a apresentação dos sistemas de logística reversa. A Portaria prevê a apresentação dos Planos de Logística Reversa (PLRs) e dos Relatórios Anuais (RAPLRs), estabelece prazo de validade de quatro anos para o PLR e determina que a comprovação da logística reversa constitui condicionante para emissão ou renovação de licenças ambientais.

De acordo com a Portaria/IPAAM/P nº 160/2025, art. 3º, § 1º, a comprovação da logística reversa constitui condicionante obrigatória para a emissão ou renovação de licenças ambientais (IPAAM, 2025). Para o reporte e o acompanhamento das informações, o SISREV/AM funciona como plataforma oficial de controle da logística reversa no Amazonas. Nos termos da Portaria/IPAAM/P nº 160/2025, o reporte via SISREV/AM aplica-se às embalagens em geral; para os demais setores, a norma prevê formulário eletrônico disponibilizado pelo IPAAM. A comprovação e a rastreabilidade documental devem observar

os requisitos específicos previstos na regulamentação, inclusive aqueles relativos a notas fiscais, operadores logísticos, licenciamento e MTR/SINIR.

2.2 A Mecânica de Pressão Normativa sobre o Polo Industrial de Manaus (PIM)

O Polo Industrial de Manaus (PIM) não atua em isolamento geográfico ou institucional; ao contrário, encontra-se submetido de forma direta aos vetores de pressão exercidos pelo arcabouço normativo estadual. As peculiaridades operacionais da Zona Franca de Manaus (ZFM) potencializam os efeitos das exigências da SEMA/AM e do IPAAM, canalizando a pressão regulatória por meio de três mecanismos centrais:

- 1) A Logística Reversa como Condicionante Ambiental Operacional - Conforme a Portaria/IPAAM/P nº 160/2025, a comprovação da logística reversa é condicionante para emissão ou renovação de licenças ambientais. Assim, falhas de conformidade podem elevar o risco regulatório das operações industriais e exigir medidas corretivas para a manutenção da regularidade ambiental.
- 2) A Responsabilização sobre Resíduos Tecnológicos e Polímeros Complexos - o PIM reúne cadeias produtivas que geram resíduos sujeitos a controles específicos. A responsabilidade pós-consumo deve ser analisada conforme a categoria de produto, a legislação federal aplicável e as regras estaduais, evitando generalizações sobre resíduos que possuam sistemas próprios de logística reversa.
- 3) A Logística Fluvial e das Salvaguardas Ambientais - A maior parcela dos bens manufaturados no PIM destina-se aos grandes centros de consumo das regiões Sul e Sudeste do país. Contudo, a legislação exige a comprovação da destinação e rastreabilidade dos resíduos gerados. Esse cenário impõe o desafio do frete de retorno hidroviário: a logística de transporte via balsas subindo o Rio Amazonas com insumos reciclados ou sucatas tecnológicas passa a ser um indicador crítico de sobrevivência jurídica e governança ambiental.

2.3 Da Conformidade Normativa às Finanças Sustentáveis: A Necessidade de Indicadores Intertemporais



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

A evolução do marco regulatório amazonense reforça a logística reversa como instrumento de gestão de riscos e de governança ambiental. Paralelamente, instituições de financiamento sustentável podem exigir salvaguardas ambientais e sociais ao longo do ciclo dos projetos. Esse contexto evidencia a necessidade de indicadores capazes de demonstrar, de forma periódica e verificável, a evolução do desempenho ambiental e operacional.

O atendimento às obrigações regulatórias de reporte é necessário para a conformidade, mas não substitui a avaliação de desempenho ambiental ao longo do tempo. Para projetos com horizonte plurianual, torna-se relevante acompanhar variáveis físicas e operacionais, como recuperação de massa, eficiência hídrica e emissões associadas ao transporte. Neste estudo, tais variáveis são tratadas como componentes potenciais de uma estrutura de monitoramento intertemporal, cuja efetividade deverá ser testada empiricamente.

2.4 Logística Reversa na Agenda ESG e na Sustentabilidade: da conformidade regulatória à mensuração intertemporal

A consolidação da agenda ESG ampliou a incorporação de aspectos ambientais, sociais e de governança às decisões empresariais e financeiras. No campo da economia circular, a logística reversa pode contribuir para a recuperação de materiais, a redução de desperdícios e a mitigação de riscos ambientais, em consonância com abordagens de sustentabilidade empresarial e economia circular (ELKINGTON, 1997; GEISSDOERFER et al., 2017). No PIM, essas questões adquirem particular relevância em razão das características logísticas e ambientais da Amazônia Central.

A análise documental desenvolvida neste estudo sugere um possível desalinhamento entre a conformidade regulatória de curto prazo e a necessidade de monitoramento contínuo do desempenho ambiental. Quando o acompanhamento se limita ao cumprimento pontual de obrigações, torna-se mais difícil avaliar a evolução dos resultados ao longo de horizontes plurianuais. Essa constatação fundamenta a proposição de um modelo de indicadores que complemente, sem substituir, os instrumentos oficiais de controle.

2.5 A Lacuna entre o Capital Verde Disponível e a Operação Sustentável Contínua



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

O financiamento sustentável tem incorporado progressivamente critérios ambientais, sociais e de governança às decisões de crédito e investimento. Em projetos de maior duração, a análise de riscos pode envolver não apenas a existência de licenças, mas também a capacidade de monitorar e demonstrar desempenho socioambiental durante o ciclo do projeto, conforme diretrizes de instituições multilaterais e padrões de sustentabilidade (IFC, 2012; WEBER; SAUNDERS-HOGBERG, 2018).

É nessa intersecção que se identifica a questão central desta pesquisa: a necessidade de métricas capazes de acompanhar o desempenho de iniciativas de economia circular ao longo do tempo. No PIM, indicadores sobre recuperação de massa, eficiência hídrica e emissões do transporte podem apoiar a avaliação de continuidade e risco, desde que sejam alimentados por dados confiáveis e submetidos a validação. Não se presume, neste estudo, que a ausência dessas métricas seja causa única de interrupções financeiras ou operacionais.

2.6 Do Compliance à Sustentabilidade Intertemporal: Salvaguardas em Ação

Para superação dessa lacuna, faz-se indispensável que a governança ambiental no PIM migre do modelo centrado no *compliance* burocrático para o horizonte da sustentabilidade intertemporal. Segundo a formulação clássica de *Daly* (2005) adaptada à ecologia industrial, a sustentabilidade de um sistema produtivo pressupõe que a taxa de uso de recursos e a geração de resíduos não ultrapassem a capacidade de suporte e regeneração do meio ambiente, mantendo a eficiência operacional constante ou ascendente no tempo.

No âmbito da Amazônia Central, a transição para uma governança ambiental orientada a desempenho requer parâmetros físicos e quantitativos verificáveis. Estudos de logística reversa mostram a utilidade de métricas de fluxo de materiais e avaliação ambiental para examinar redes de recuperação e reciclagem (GIANNETTI; BONILLA; ALMEIDA, 2013). Nesse sentido, a proposta considera de forma sistemática variáveis relacionadas à recuperação de massa, às emissões do transporte e ao uso da água:

- 1) A taxa de recuperação e reprocessamento de massa de resíduos, calculada a partir de registros auditáveis do fluxo de materiais;
- 2) O balanço de emissões de carbono associado ao frete fluvial de retorno nas rotas hidroviárias da bacia amazônica (BERTAGLIA, 2021);
- 3) A eficiência e recirculação hídrica no tratamento local de resíduos poliméricos e industriais (SEIFFERT, 2021).

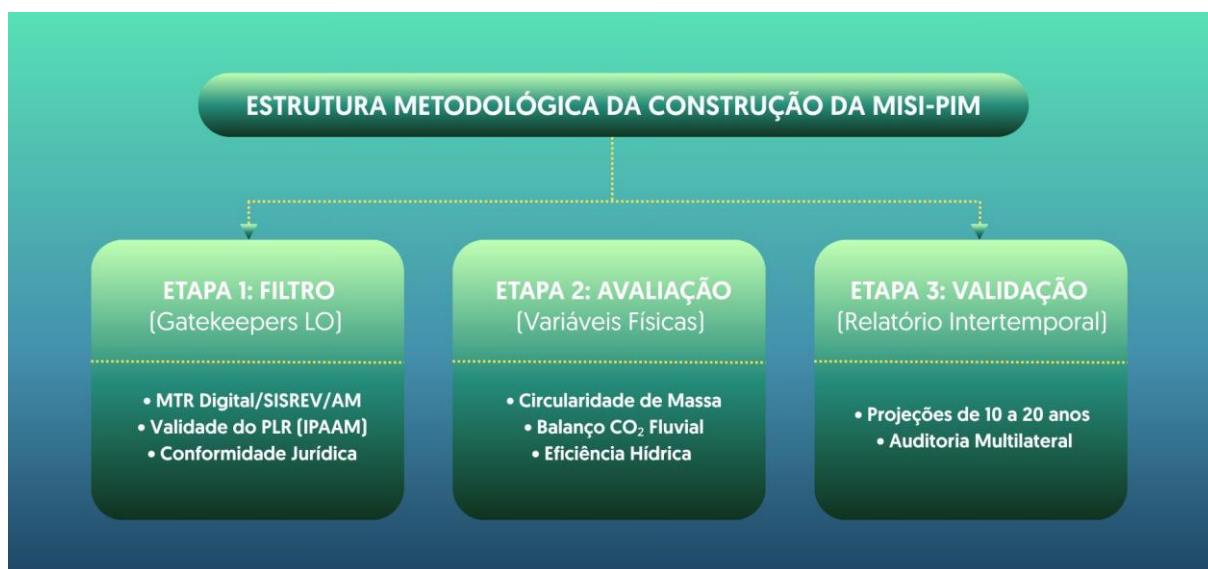
A adoção de salvaguardas mensuráveis e de mecanismos de acompanhamento pode fortalecer a governança ESG das empresas do PIM e contribuir para a demonstração de conformidade e desempenho perante órgãos reguladores e financiadores. Essa premissa sustenta a proposição da Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal (MISI-PIM), apresentada a seguir.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O procedimento metodológico compreende a análise de conteúdo das diretrizes de financiamento verde de organismos multilaterais e a sistematização de fluxos operacionais de rastreabilidade de resíduos, visando traduzir exigências burocráticas em variáveis quantitativas e auditáveis.

Para responder à vulnerabilidade financeira e jurídica identificada nas operações de economia circular do PIM, a pesquisa adota uma abordagem quanti-qualitativa de caráter aplicado, exploratório e descritivo (GIL, 2022). O percurso metodológico culmina no desenvolvimento e proposição da Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal baseada em Salvaguardas Ambientais (MISI-PIM), desenhada como um modelo de governança e monitoramento contínuo para a indústria regional.

Figura 2 – Fluxograma de Governança e monitoramento contínuo



3.1 Arquitetura e Construção da Matriz (MISI-PIM)



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

A construção da MISI-PIM fundamenta-se na conversão de requisitos qualitativos de salvaguardas ambientais, como os previstos em padrões de sustentabilidade de instituições multilaterais, em variáveis operacionais aplicáveis à realidade amazônica. A estrutura foi concebida como modelo conceitual e requer posterior validação empírica para definição de parâmetros, pesos e faixas de desempenho:

- 1) Filtros Qualitativos de Entrada (Gatekeepers de Conformidade): constituem a etapa preliminar de verificação regulatória. Avalia-se a existência dos instrumentos e registros exigidos pela legislação aplicável, considerando a Lei nº 4.457/2017, o Decreto nº 50.890/2024 e a Portaria/IPAAM/P nº 160/2025. Eventuais não conformidades devem ser tratadas como sinais de risco regulatório e não como evidência automática de cassação de licença.
- 2) Eixos Quantitativos de Desempenho Físico-Ambiental: superado o filtro inicial, a matriz organiza a avaliação em três eixos centrais:
- 3) Eixo I – Taxa de Recuperação e Circularidade de Massa (Tmassa): Mensura a relação percentual entre o volume de resíduos pós-consumo efetivamente recolhido/reprocessado e a quantidade de produtos/embalagens colocada no mercado regional.
- 4) Eixo II – Balanço de Emissões do Transporte Fluvial de Retorno (BCO₂): estima a diferença entre as emissões de um cenário de referência e as emissões efetivas do transporte fluvial de retorno, considerando massa transportada, distância e fatores de emissão compatíveis com cada modal.
- 5) Eixo III Intensidade e Recirculação Hídrica (Iágua): mede a proporção de água recirculada no processo em relação ao volume total captado, devendo ser interpretada em conjunto com requisitos de qualidade e com o período de medição.
- 6) Módulo de Projeção Intertemporal e Risco Dinâmico: Consolida os dados apurados ao longo do tempo, gerando um índice de sustentabilidade intertemporal. A ferramenta utiliza séries temporais para simular a capacidade de o projeto manter o cumprimento das salvaguardas sob cenários de estresse financeiro, variações na demanda de insumos ou crises logísticas na calha dos rios.

3.2 A Importância Estratégica da MISI-PIM para o Polo Industrial de Manaus



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

A formulação da MISI-PIM busca reduzir a assimetria entre a conformidade regulatória de curto prazo e a avaliação de desempenho em horizontes mais longos. A utilidade da matriz é analisada em três dimensões: apoio à gestão de riscos regulatórios, produção de informações para avaliação financeira e mensuração de aspectos ambientais da logística amazônica.

- 1) **Segurança Jurídica e Gestão do Risco Operacional:** ao integrar registros de rastreabilidade e evidências de conformidade à governança interna, a matriz pode auxiliar as empresas a identificar lacunas documentais e antecipar necessidades de regularização. Seu uso não substitui a análise do órgão ambiental nem garante, por si só, a emissão ou renovação de licenças.
- 2) **Apoio à Avaliação de Financiamentos Sustentáveis:** a MISI-PIM busca organizar informações ambientais em formato quantitativo e auditável. Em tese, séries históricas consistentes podem apoiar a avaliação de riscos por financiadores e investidores; contudo, os efeitos sobre custo de capital, liberação de parcelas ou condições de financiamento devem ser verificados empiricamente.
- 3) **Valorização da Logística Amazônica e Descarbonização:** ao mensurar cenários de transporte e aproveitamento de fluxos de retorno, a matriz pode apoiar a comparação entre alternativas logísticas. A eventual redução de emissões deve ser calculada com fatores de emissão, distâncias e cargas efetivamente observados.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa teve como objetivo investigar vulnerabilidades financeiras e jurídicas associadas a projetos de reciclagem e logística reversa no Polo Industrial de Manaus (PIM). Nesta seção, são discutidas as implicações da análise documental e apresentada a estrutura conceitual da MISI-PIM, distinguindo-se as inferências do estudo de resultados que ainda dependem de validação empírica.

A análise documental indica que uma gestão ambiental baseada apenas no atendimento pontual de exigências regulatórias pode ser insuficiente para o acompanhamento de projetos de economia circular em horizontes plurianuais. A seguir, a discussão é organizada em três eixos analíticos interligados.

4.1 Formas de assegurar a perenidade de projetos de grande porte, mitigando o impacto ambiental do descarte inadequado de resíduos complexos



A análise conceitual dos projetos de logística reversa no PIM evidencia fatores que podem comprometer sua continuidade, como dependência de fluxos irregulares de materiais, custos logísticos elevados e necessidade de conformidade regulatória permanente. Por não ter sido realizada, nesta pesquisa, uma amostra longitudinal de empresas ou projetos encerrados, não se atribui uma taxa de mortalidade específica aos hubs de reciclagem.

Para favorecer a perenidade de infraestruturas de maior porte na Amazônia Central e reduzir riscos ambientais associados ao manejo inadequado de resíduos complexos, a pesquisa propõe três pilares:

- 1) Desvinculação do Modelo de Compliance Pontual: a continuidade dos hubs de reciclagem pode ser fortalecida por contratos de fornecimento e recebimento de resíduos com horizonte plurianual, desde que compatíveis com a legislação, com a capacidade das plantas e com a disponibilidade efetiva de materiais.
- 2) Alinhamento com Salvaguardas Socioambientais: projetos que buscam financiamento sustentável devem incorporar mecanismos de gestão e monitoramento coerentes com as salvaguardas aplicáveis. Isso inclui atenção aos impactos ambientais e às condições sociais dos agentes envolvidos, inclusive cooperativas e organizações de catadores.
- 3) Internalização das Externalidades da Logística Amazônica: o reprocessamento local e a consolidação de cargas podem reduzir volumes transportados e agregar valor aos materiais, mas sua viabilidade depende de análise técnica, econômica e ambiental específica para cada cadeia.

4.2 Condições que auxiliam na elevação da competitividade no segmento da logística reversa

A competitividade das empresas operadoras de logística reversa no Amazonas pode ser influenciada pela qualidade da governança, pela rastreabilidade dos fluxos, pelos custos logísticos e pela capacidade de demonstrar conformidade. Com base na análise desenvolvida, são discutidas três condições que podem favorecer esse desempenho, cuja efetividade deverá ser verificada em aplicações empíricas.

- 1) Rastreabilidade Digital Integral e Conformidade Normativa: o uso dos sistemas e documentos exigidos pela regulamentação contribui para a verificabilidade dos fluxos de materiais. A integração entre os registros internos das empresas e os mecanismos oficiais de reporte pode reduzir inconsistências documentais e fortalecer a segurança das relações contratuais.

- 2) Aproveitamento Eficiente do Frete Fluvial de Retorno: a utilização de capacidade ociosa em rotas hidroviárias pode representar oportunidade de redução de custos e emissões, desde que sejam demonstradas o fluxo disponível, a rota efetivamente utilizada, a distância, a taxa de ocupação e os custos comparativos. Assim, a vantagem econômica não deve ser presumida, mas calculada caso a caso.
- 3) Monetização de Ativos Ambientais: certificados e instrumentos associados à reciclagem podem constituir fonte adicional de valor quando emitidos em conformidade com a regulamentação aplicável e apoiados por rastreabilidade verificável. Seu potencial econômico deve ser avaliado separadamente de eventuais mercados de carbono, evitando equiparar automaticamente créditos de reciclagem a créditos de carbono.

4.3 Proposição do Modelo: Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal (MISI-PIM)

Como resposta ao objetivo de reduzir vulnerabilidades financeiras e jurídicas das operações de logística reversa no PIM, esta pesquisa propõe a Matriz de Indicadores de Sustentabilidade Intertemporal (MISI-PIM). O modelo busca traduzir requisitos regulatórios e princípios de governança ESG em uma estrutura quantitativa e auditável. Trata-se, contudo, de uma proposição conceitual: sua capacidade de apoiar decisões de licenciamento ou financiamento depende de validação, calibração e aceitação pelos agentes competentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa partiu da necessidade de investigar vulnerabilidades financeiras e jurídicas associadas a projetos de reciclagem e logística reversa no Polo Industrial de Manaus (PIM). A análise documental mostrou que o marco regulatório estadual estabelece obrigações relevantes de estruturação, reporte e comprovação da logística reversa, enquanto padrões de financiamento sustentável podem demandar acompanhamento contínuo do desempenho socioambiental. Com base nessa articulação, o estudo identifica a necessidade de instrumentos que organizem evidências de conformidade e desempenho ao longo do tempo, sem atribuir causalidade direta entre ausência de indicadores e eventuais interrupções financeiras ou operacionais.

Para enfrentar esse hiato entre conformidade regulatória e monitoramento de longo prazo, o estudo cumpriu seu objetivo ao propor a Matriz de Indicadores de Sustentabilidade



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.

Intertemporal (MISI-PIM). O modelo organiza-se em três níveis — filtros regulatórios, eixos quantitativos e índice intertemporal e oferece uma estrutura conceitual para acompanhar desempenho. Entretanto, não se considera demonstrada sua eficácia antes de validação empírica, calibração dos pesos e teste das equações com dados reais.

A contribuição deste trabalho desdobra-se em três dimensões. Na dimensão teórica, aplica-se a perspectiva intertemporal ao acompanhamento de iniciativas de economia circular no contexto da Zona Franca de Manaus. Na dimensão prática e gerencial, a matriz pode apoiar a organização de evidências de conformidade e desempenho, sem substituir os procedimentos do IPAAM ou as análises de instituições financeiras. Na dimensão socioambiental, o modelo incorpora variáveis relacionadas à circularidade de materiais, emissões logísticas e uso da água.

Sob a ótica operacional, a aplicação da MISI-PIM pode ajudar a avaliar se determinadas características logísticas do Amazonas podem ser convertidas em vantagens econômicas e ambientais mensuráveis. O uso de frete fluvial de retorno, por exemplo, deve ser analisado com base em rotas, distâncias, taxas de ocupação, custos e fatores de emissão efetivos. Assim, a matriz funciona como estrutura de comparação, e não como prova prévia de redução de custos ou de emissões.

Como limitação do estudo, reconhece-se que a MISI-PIM ainda não foi validada com séries empíricas de empresas do PIM. A calibração dos pesos, a normalização dos indicadores, a definição do fator de risco e a seleção de fatores de emissão dependem da disponibilidade e da qualidade dos dados. Recomendam-se, para investigações futuras:

- 1) A aplicação empírica da MISI-PIM por meio de estudos de caso aplicados aos polos Eletroeletrônico e Duas Rodas do PIM;
- 2) O desenvolvimento de algoritmos de blockchain integrados ao SISREV/AM para automatizar a auditoria dos dados em tempo real;
- 3) A formulação de diretrizes para a precificação de Certificados de Crédito de Reciclagem adaptados à realidade amazônica.

Em síntese, a pesquisa conclui que a longevidade de projetos de logística reversa na ZFM envolve dimensões operacionais, regulatórias, financeiras e de governança de dados. A MISI-PIM é apresentada como proposta metodológica a ser testada em estudos de caso e séries de dados reais. Sua eventual contribuição para a consolidação do PIM como referência em

economia circular dependerá da validação empírica, da qualidade dos dados e da aderência aos requisitos regulatórios e financeiros aplicáveis.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS. **Decreto Estadual nº 50.890, de 16 de dezembro de 2024**. Regulamenta o art. 31 da Lei Estadual nº 4.457/2017, define diretrizes para a implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo no Estado do Amazonas e estabelece procedimento para incorporação da logística reversa no licenciamento ambiental. Diário Oficial do Estado do Amazonas, Manaus, 16 dez. 2024.

AMAZONAS. **Lei Estadual nº 4.457, de 12 de abril de 2017**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas (PERS/AM) e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Amazonas, Manaus, 12 abr. 2017.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Manual de logística e gestão da cadeia de suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

DALY, Herman E. Economics in a full world. *Scientific American*, New York, v. 293, n. 3, p. 100-107, Sept. 2005.

ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone Publishing, 1997.

GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M. P.; HULTINK, Jan Michiel. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 143, p. 757-768, Feb. 2017.

GIANNETTI, Biagio F.; BONILLA, Silvia H.; ALMEIDA, Cecília M. V. B. An emergy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling. *Journal of Cleaner Production*, v. 46, p. 48-57, 2013. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.05.024.

INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS (IPAAM). Portaria/IPAAM/P nº 160/2025, de 28 de novembro de 2025. Dispõe sobre os procedimentos e prazos para a apresentação dos Sistemas de Logística Reversa dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes que comercializam produtos e embalagens pós-consumo sujeitos à logística reversa, conforme Decreto Estadual nº 50.890/2024. Diário Oficial do Estado do Amazonas, Manaus, 28 nov. 2025.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION (IFC). *Performance Standards on Environmental and Social Sustainability*. Washington, D.C.: World Bank Group, 2012.
GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: sustentabilidade e cidadania**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.



Este trabalho está licenciado sob a **Creative Commons Atribuição–Não Comercial (CC BY-NC)**. É permitida a reprodução, distribuição e adaptação do conteúdo para fins não comerciais, desde que seja atribuída a autoria e indicada a fonte original.



SACHS, Jeffrey D.; SCHMIDT-TRAUB, Guido; MAZZUCATO, Mariana. Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. **Nature Sustainability**, London, v. 2, n. 9, p. 805-814, Sept. 2019.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **ISO 14001 e a gestão ambiental: planejamento, implementação e auditoria**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

WEBER, Olaf; SAUNDERS-HOGBERG, Gabriel. Water management and the role of sustainability standards in green finance. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, London, v. 8, n. 3, p. 212-231, 2018.

