Mercado de carbono e reciclagem: realização econômica e demanda efetiva no caso Semente do Amanhã

Marcelo Luiz Curado
Professor Titular do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Doutor em Economia pela UNICAMP

Eliana Leal Ferreira Hellvig
Pós doutora do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR).
elianalealf@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho analisa o potencial de geração de créditos de carbono a partir das emissões evitadas pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos, com base em um estudo de caso da associação de catadores Semente do Amanhã, localizada em São José dos Pinhais/PR. O objetivo é avaliar em que medida esse potencial pode ser convertido em geração efetiva de renda, considerando o estágio de desenvolvimento do mercado de carbono no Brasil. A partir da quantificação das emissões evitadas no período de 2024–2025, estimou-se o volume potencial de créditos de carbono e seu valor econômico. Os resultados indicam crescimento expressivo da atividade de reciclagem e elevado potencial de geração de receita. No entanto, à luz da abordagem pós-keynesiana, observa-se que esse potencial não se traduz automaticamente em renda, em função da ausência de mecanismos capazes de assegurar a monetização das emissões evitadas. Neste contexto, o trabalho dialoga com a literatura sobre Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), especialmente (Fernandes & Leite, 2021), ao evidenciar empiricamente a existência de uma lacuna entre potencial ambiental e realização econômica. Conclui-se que a consolidação do mercado de carbono deve ser compreendida como instrumento de política econômica e de desenvolvimento, com potencial de promover inclusão produtiva e expansão da demanda agregada.

Palavras-chave: mercado de carbono; reciclagem; demanda efetiva; desenvolvimento econômico; MDL.

Abstract

This paper analyzes the potential for carbon credit generation from avoided emissions associated with the recycling of urban solid waste, based on a case study of a waste picker association in

Southern Brazil. The objective is to assess the extent to which this potential can be effectively translated into income generation, given the current institutional development of the Brazilian carbon market. By estimating avoided emissions for the 2024–2025 period, the study calculates the potential volume of carbon credits and their corresponding economic value. The results indicate a significant expansion of recycling activities and a substantial potential for revenue generation. However, from a post-Keynesian perspective, this potential is not automatically realized as income due to the absence of institutional mechanisms capable of ensuring the monetization of avoided emissions. The paper engages with the literature on Clean Development Mechanism (CDM), particularly Fernandes and Leite (2021), by providing empirical evidence of a gap between environmental potential and economic realization. It concludes that the consolidation of the carbon market should be understood as an instrument of economic policy and development strategy, with the potential to promote productive inclusion and expand aggregate demand.
Keywords: carbon market; recycling; effective demand; development; CDM.

Área de interesse da submissão: Área 8. Economia Ecológica, Mudança Climática e Sustentabilidade

Introdução

A elevação da temperatura global trouxe à tona discussões mundiais para que sejam tomadas ações urgentes a fim de evitar o colapso do planeta[1]. Entre outras alternativas, o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos recicláveis pode contribuir significativamente para a preservação dos recursos naturais (matéria-prima e energia) e para a redução da poluição do planeta. Há também relativo consenso na literatura quanto ao papel central da ação humana na intensificação da degradação ambiental e das mudanças climáticas.

Não é sem motivos que nos últimos anos há franca expansão dos estudos na área de Economia preocupados com a temática, com destaque para a chamada "Economia Circular"[2], uma abordagem econômica focada na redução, reutilização, reparo e reciclagem de materiais. Em última instância, o objetivo final da EC é estudar o ciclo de vida dos produtos e minimizar o desperdício, utilizando energias renováveis, para criar a longo prazo uma Economia Regenerativa e sustentável para o meio ambiente, economia e sociedade (SINIR, 2022).

Apesar dos avanços recentes, não há como negar que o modelo econômico predominante ainda é baseado na lógica linear de produção, uso e descarte, o que intensifica a pressão sobre os recursos naturais e amplia a geração de resíduos. Nesse contexto, a implementação de uma Economia Regenerativa requer ações concretas, que, no Brasil, passam pelo cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Uma das formas de cumprimento da PNRS depende da ampliação da educação ambiental, de modo a incentivar a correta separação de resíduos recicláveis, evitando sua destinação a aterros sanitários. Apesar da existência de diretrizes gerais, os municípios enfrentam dificuldades na implementação de políticas eficazes, seja por limitações orçamentárias, seja pela ausência de estrutura técnica adequada. Nesse cenário, as associações de catadores desempenham papel fundamental na gestão dos resíduos sólidos urbanos, ainda que enfrentem desafios relacionados à formalização, transparência e rastreabilidade de suas atividades.

[1] O termo "mudanças climáticas é definido como a mudança do clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, que altera a composição da atmosfera global, além da variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC, 2014). Já o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) define mudanças climáticas como uma variação estatística significativa do clima e de suas variabilidades, persistentes por um longo período de tempo (décadas ou mais).

[2] Para uma discussão sobre Economia Circular, recomenda-se, entre outros, Khan, 2022.

Contudo, a existência desse potencial não implica sua realização automática na forma de renda. Conforme destacado pela tradição keynesiana, a geração de valor não se converte necessariamente em renda efetiva sem a presença de mecanismos que assegurem sua validação econômica por meio da demanda. Nesse sentido, a conversão das emissões evitadas em ativos econômicos depende de condições que permitam sua monetização, sob pena de se configurar uma situação de demanda não realizada, na qual há produção de valor ambiental sem sua correspondente realização econômica (Lima, 2013).

Paralelamente, observa-se que o mercado de carbono no Brasil ainda se encontra em processo de consolidação institucional, o que limita o aproveitamento econômico das emissões evitadas. A literatura recente tem destacado que instrumentos como os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) podem contribuir para o desenvolvimento sustentável ao articular benefícios ambientais e econômicos (Fernandes & Leite, 2021). No entanto, esses autores também evidenciam que a efetividade desses mecanismos depende de condições que viabilizem sua implementação e operacionalização, especialmente em contextos institucionais ainda em formação.

Nesse sentido, a existência de reduções de emissões associadas à reciclagem não garante, por si só, sua transformação em ativos econômicos negociáveis. Ao contrário, a ausência de mecanismos que assegurem a monetização dessas emissões pode resultar em uma dissociação entre o valor ambiental gerado e sua apropriação econômica, limitando o potencial de geração de renda dessas atividades.

Diante desse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de análise do potencial de geração de créditos de carbono a partir das emissões evitadas pela reciclagem, com base no estudo de caso da associação Semente do Amanhã, localizada em São José dos Pinhais/PR, considerando o período de 2024–2025. Busca-se, adicionalmente, avaliar em que medida esse potencial se traduz em geração efetiva de renda, considerando o estágio atual de desenvolvimento do mercado de carbono no Brasil.

Ao fazê-lo, o artigo pretende contribuir para a literatura ao oferecer evidência empírica sobre os limites da realização econômica de instrumentos climáticos em economias em desenvolvimento, dialogando com Fernandes e Leite (2021) e avançando ao evidenciar, em nível microeconômico, a existência de uma lacuna entre potencial ambiental e realização econômica. Ademais, o trabalho insere-se no debate sobre o papel das políticas climáticas como instrumentos de desenvolvimento

econômico, ao destacar sua capacidade — ainda não plenamente explorada — de promover geração de renda, inclusão produtiva e expansão da demanda agregada.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica, com base na abordagem pós-keynesiana, no conceito de demanda efetiva e na literatura sobre Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. A Seção 3 descreve a metodologia adotada e as fontes de dados utilizadas. A Seção 4 apresenta e discute os resultados, articulando a evidência empírica com o referencial teórico proposto. Por fim, a Seção 5 traz as considerações finais.

2. Estado, regulação econômica e formação de mercados: uma abordagem keynesiana.

As abordagens heterodoxas da sustentabilidade têm enfatizado a importância das instituições e das políticas públicas na articulação entre objetivos ambientais e desenvolvimento econômico. Nessa perspectiva, a gestão adequada dos resíduos sólidos e a valorização das atividades de reciclagem são compreendidas não apenas como instrumentos de mitigação ambiental, mas também como mecanismos capazes de promover inclusão produtiva e geração de renda, especialmente em atividades intensivas em trabalho e fortemente vinculadas aos territórios locais (Cavalcanti, 2010; Romeiro, 2012).

Sob essa perspectiva, instrumentos como os mercados de carbono e os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) assumem relevância não apenas por seu potencial ambiental, mas também pela possibilidade de transformar reduções de emissões em fluxos efetivos de renda. Entretanto, a efetividade desses mecanismos depende da existência de estruturas institucionais capazes de assegurar a monetização dos ativos ambientais gerados. É precisamente nessa dimensão que a abordagem pós-keynesiana adotada neste trabalho se torna relevante, ao enfatizar que a geração de valor não garante, automaticamente, sua realização econômica.

Nesse contexto, a análise da relação entre políticas climáticas, mercado de carbono e atividades de reciclagem pode ser compreendida, em aspectos específicos, a partir da tradição pós-keynesiana. Diferentemente das abordagens que pressupõem a tendência ao equilíbrio e a capacidade de autorregulação dos mercados, a perspectiva inaugurada por Keynes (1936) parte do reconhecimento de que a economia capitalista opera sob condições de incerteza fundamental, nas quais as decisões de investimento e produção não podem ser reduzidas a cálculos probabilísticos estáveis. Nesse contexto, a demanda efetiva constitui o elemento central para a determinação do nível de renda e

emprego. A produção só se realiza economicamente quando encontra validação na forma de gasto efetivo, de modo que a geração de valor em termos físicos ou ambientais não implica, por si só, sua conversão em renda monetária (Ferrari Filho, 2006). A ausência dessa validação caracteriza situações em que há produção sem realização, resultando na subutilização de recursos produtivos e na limitação do dinamismo econômico (Lima, 2013).

Essa abordagem é particularmente relevante para a análise dos instrumentos econômicos voltados à mitigação das mudanças climáticas. A existência de reduções mensuráveis de emissões de gases de efeito estufa — como aquelas decorrentes da reciclagem de resíduos sólidos — não garante, automaticamente, sua transformação em ativos econômicos negociáveis. Em outras palavras, há uma distinção fundamental entre a geração de valor ambiental e sua realização econômica, sendo esta última dependente de mecanismos que assegurem a existência de demanda por esse tipo de ativo.

Sob a ótica pós-keynesiana, mercados não são estruturas que emergem espontaneamente a partir da interação descentralizada entre agentes, mas sim construções que dependem de coordenação, regras e garantias institucionais. Em contextos caracterizados por elevada incerteza, como o mercado de carbono, a ausência de parâmetros claros de funcionamento, de mecanismos de precificação estáveis e de garantias de demanda tende a inibir a formação desse mercado. A literatura recente sobre transição para economias de baixo carbono tem destacado que ambientes marcados por incerteza profunda reduzem incentivos ao investimento e dificultam a coordenação das expectativas dos agentes econômicos (Haas et al., 2023).

Em consonância com a tradição pós-keynesiana, autores institucionalistas contemporâneos também ressaltam que mercados dependem de estruturas institucionais capazes de coordenar expectativas e reduzir incertezas sistêmicas (Whalen, 2023). Nesse sentido, a atuação do Estado não se limita à regulação de um mercado já existente, mas assume papel central na sua própria criação e viabilização, especialmente em mercados ambientais dependentes de elevada previsibilidade regulatória e coordenação institucional.

No caso específico do mercado de carbono, essa problemática se manifesta na dificuldade de transformar reduções de emissões em ativos econômicos líquidos e amplamente aceitos. A inexistência de preços estáveis, a heterogeneidade das metodologias de certificação e a incerteza quanto à demanda futura por créditos de carbono reduzem os incentivos à participação dos agentes

econômicos. À luz da abordagem pós-keynesiana, tais características configuram um ambiente no qual a lógica de mercado, por si só, não é capaz de coordenar expectativas e viabilizar a formação de um sistema de trocas consistente.

Dessa forma, o Estado desempenha um papel essencial não apenas como regulador, mas como agente capaz de criar as condições necessárias para a existência do próprio mercado. Isso inclui a definição de padrões de certificação, a garantia de mecanismos de demanda — por exemplo, por meio de sistemas obrigatórios de compensação — e a redução da incerteza associada aos preços desses ativos. Ao atuar nesse sentido, o Estado contribui para a transformação de ativos ambientais em ativos econômicos efetivamente negociáveis, viabilizando a realização de renda associada às atividades de mitigação de emissões (Ferrari Filho, 2006; De Paula, 2011; Lima, 2013).

Essa perspectiva permite compreender que, na ausência de uma atuação estatal coordenadora, mercados como o de carbono tendem a permanecer incompletos ou subdesenvolvidos, limitando tanto sua eficácia ambiental quanto seu potencial de geração de renda. Assim, a criação e consolidação desses mercados devem ser entendidas como parte de uma estratégia deliberada de política econômica, e não como resultado espontâneo do funcionamento das forças de mercado.

A literatura sobre Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) reforça esse argumento ao evidenciar que a conversão de reduções de emissões em ativos econômicos depende de estruturas institucionais específica[3]. Conforme destacam Fernandes e Leite (2021), os projetos de MDL apresentam potencial para promover o desenvolvimento sustentável ao articular benefícios ambientais e econômicos. No entanto, os autores ressaltam que esse potencial não se realiza automaticamente, sendo condicionado à existência de metodologias de certificação, mecanismos de monitoramento e acesso a mercados capazes de absorver esses ativos.

[3] De uma perspectiva histórica, cumpre lembrar que a introdução do conceito de MDL se deu com o Protocolo de Quioto em 1997, onde os países desenvolvidos acordaram em reduzir as emissões de CO_2 do planeta, reduzindo dessa forma os GEE (IBAMA-COSAMA, 2022). A meta de redução que ficou estabelecida na última rodada de discussão em 2015 foi de 5%, e 189 países ratificaram o documento. No último encontro da Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, a COP 26 que ocorreu em 2021 na cidade de Glasgow na Escócia, a meta de redução foi redimensionada para 2% até 2030 (PNUD, 2020; UNDP, 2022). Para participar desse mercado, os países desenvolvidos podem comprar de países em desenvolvimento o certificado de crédito de carbono (RCE), estimulando dessa forma o investimento em tecnologias mais limpas e mais sustentáveis. Assim, países em desenvolvimento recebem investimentos e incentivos para realizar e desenvolver as práticas de tecnologias mais limpas e mais sustentáveis, conferindo-lhes o direito de emitir certificado de crédito de carbono (ALCÂNTARA, T, 2021; BUALLAY, A, 2019; HELLVIG&FLORES-SAHAGUN, 2021; PNUD, 2020 e 2022).

De forma mais específica, Fernandes e Leite (2021) destacam que a efetividade dos projetos de MDL depende de fatores como a padronização dos critérios de mensuração das emissões evitadas, a confiabilidade dos processos de validação e verificação e a existência de demanda consistente por créditos de carbono. Nesse sentido, o estudo aponta que, embora o arcabouço institucional dos MDLs tenha sido capaz de estruturar parcialmente esse mercado em âmbito internacional, persistem desafios relacionados à complexidade dos processos de certificação e à assimetria de acesso entre diferentes tipos de agentes econômicos.

Do ponto de vista empírico, os autores apresentam evidências a partir da análise de projetos de MDL no Brasil, destacando sua contribuição potencial para o desenvolvimento sustentável, sobretudo em termos de redução de emissões e geração de benefícios ambientais. Contudo, a análise concentra-se predominantemente na avaliação agregada desses projetos, com ênfase em sua distribuição setorial e em seus resultados ambientais, não explorando em profundidade a dinâmica microeconômica da conversão dessas reduções em renda efetiva para os agentes diretamente envolvidos.

Essa lacuna é particularmente relevante para atividades como a reciclagem, nas quais a geração de emissões evitadas ocorre de forma descentralizada e frequentemente associada a agentes de menor porte, como as associações de catadores. Nesses casos, a ausência de estruturas que viabilizem a certificação e comercialização dos créditos tende a limitar a apropriação econômica dos benefícios gerados, mesmo quando estes são significativos do ponto de vista ambiental.

Dessa forma, o presente trabalho dialoga com Fernandes e Leite (2021) ao reconhecer o potencial dos MDLs como instrumento de articulação entre objetivos ambientais e econômicos, mas avança ao oferecer evidência empírica em nível microeconômico sobre os limites dessa articulação. Ao analisar um caso concreto de geração de emissões evitadas a partir da reciclagem, o estudo evidencia a existência de uma lacuna entre potencial ambiental e realização econômica, contribuindo para o aprofundamento do debate sobre as condições necessárias para a efetividade dos instrumentos de mercado de carbono.

À luz da abordagem pós-keynesiana, essa limitação pode ser interpretada como uma manifestação de demanda não realizada. Ainda que haja produção de valor — neste caso, na forma de emissões evitadas — a ausência de mecanismos que assegurem sua validação econômica impede a geração de renda correspondente. Trata-se, portanto, de uma situação em que a economia opera aquém de seu

potencial, não por falta de capacidade produtiva, mas pela inexistência de condições que permitam a realização da demanda.

Essa problemática assume particular relevância em atividades intensivas em trabalho e com elevado potencial de inclusão produtiva, como a reciclagem de resíduos sólidos urbanos. Nesses casos, a não monetização das emissões evitadas implica não apenas a perda de um ativo ambiental, mas também a limitação de oportunidades de geração de renda para grupos socialmente vulneráveis. A ausência de um mercado funcional para esses ativos restringe os efeitos multiplicadores dessas atividades, reduzindo seu impacto sobre a renda e o emprego.

Dessa forma, a consolidação do mercado de carbono deve ser compreendida, sob a ótica pós-keynesiana, como um processo que depende fundamentalmente da atuação do Estado na criação de condições que assegurem a existência de demanda para os créditos gerados. Isso envolve a definição de regras claras, a redução da incerteza associada aos preços e a garantia de mecanismos que permitam a efetiva monetização das reduções de emissões. Sem esses elementos, o mercado tende a não se formar ou a operar de maneira incompleta, limitando sua capacidade de promover tanto a mitigação ambiental quanto a geração de renda.

Nesse contexto, a análise proposta neste trabalho parte do pressuposto de que a efetividade dos instrumentos de mercado de carbono depende não apenas da capacidade de gerar reduções de emissões, mas da existência de condições que permitam sua realização econômica. A seção seguinte apresenta a metodologia adotada para examinar essa questão a partir de um estudo de caso, permitindo avaliar em que medida o potencial identificado pela literatura se concretiza na prática.

3. DISCUSSÃO

A seguir a Tabela 01 apresenta os dados quantitativos de recicláveis recebidos pela Associação Semente do Amanhã no período de 2024 a 2025. A tabela traz as informações compiladas da diferença em quilograma/ano bem como a variação para os materiais: papel, plástico, metal, vidro e sucata.

Quadro 01: Quadro comparativo dos quantitativos (kg) de material reciclável coletado nos anos de 2024 e 205

Tipo de Resíduo	2024 (kg)	2025 (kg)	Diferença (kg)	Variação (%)
Papel	370.510	438.020	+67.510	**+18,22%**
Plástico	217.988	273.148	+55.160	**+25,30%**
Metal	24.127	39.246	+15.119	**+62,66%**
Vidro	143.092	176.143,29	+33.051,29	**+23,10%**
Sucata	93.460	76.393	−17.067	**−18,26%**
Rejeito	305.360	286.619	−18.741	**−6,14%**
Total	1.058.733	1.307.714,01	+248.981,01	+23,52%

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados apresentados para os anos de 2024 e 2025 da associação recicladora Semente do Amanhã, inicialmente, verifica-se um aumento de 23,52% no volume total de resíduos recebidos, passando de 1.058.733 kg em 2024 para 1.307.714,01 kg em 2025. Esse crescimento está relacionado à ampliação da coleta seletiva municipal, ao fortalecimento das parcerias com empresas locais e à maior participação da população na destinação correta de resíduos recicláveis. Esse aumento no volume total também representa maior potencial de geração de receita para a associação, uma vez que a comercialização dos materiais recicláveis ocorre com base no peso em quilogramas de cada material separado e vendido.

Ao analisar os materiais individualmente, observa-se crescimento significativo em praticamente todas as categorias de recicláveis. O metal apresentou o maior aumento percentual (62,66%), passando de 24.127 kg para 39.246 kg, o que pode indicar maior eficiência na triagem ou maior geração desse tipo de resíduo nas fontes de coleta. É importante notar que as latas de alumínio praticamente são inexistentes nos resíduos recebidos pela associação, pois agentes ambientais não associados fazem a coleta desses materiais mais valorizados antes dos resíduos chegarem à associação. Portanto, o aumento do quantitativo de metais recebidos de 2024 a 2025 refere-se principalmente ao aço. O plástico também apresentou crescimento expressivo (25,30%), seguido pelo vidro (23,10%) e pelo papel (18,22%). Esses resultados demonstram uma ampliação da recuperação de materiais com elevado potencial de reciclagem e bom valor econômico no mercado de recicláveis.

Do ponto de vista ambiental, o aumento do volume de materiais reciclados representa maior potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a reciclagem reduz a necessidade de extração de matérias-primas virgens e diminui o consumo de energia nos processos produtivos. Dessa forma, iniciativas como a da associação Semente do Amanhã podem contribuir para a geração de reduções verificáveis de emissões, com potencial de inserção em mecanismos de mercado de carbono e iniciativas climáticas.

O Quadro 02 mostra uma adaptação realizado pelos autores para a conversão dos materiais recicláveis coletados para tCO_2eq. Essa tabela foi aplicada para os materiais recicláveis coletados na Associação Semente do Amanhã: Plásticos, Alumínio, Metal (ferrosos) e papel.

Quadro 02: Tipo dos resíduos e a tCO2eq

RESÍDUOS	01 tCO_2eq
Plástico	1,180
Alumínio	8,399
Metal (ferrosos)	20,068
Papel	0,119

Fonte: Elaborado pelos Autores - Adaptado de MMA (2019)

Os Quadros 03 e 04 mostram o Potencial de Redução das Emissões de CO_2eq decorrente dos materiais reciclados recuperados em 2024 e 2025 pela associação Semente do Amanhã.

Quadro 03 e 04: Potencial de Redução das Emissões de CO2eq decorrente dos materiais reciclados recuperados em 2024 e 2025

Quadro 03: Informações para o ano de 2024

Material	Volume coletado (tonelada)	Emissões Evitadas
Papel	370.510 para ton = 370,51	X 0,119 = 44,090 tCO2eq
Plástico	217.988 para ton = 217,988	X 1,180 = 257,22 tCO2eq
Metal	24.127 para ton = 24,127	X 20,068 = 484,18tCO2eq
Sucata*	93.460 para ton = 93,46	X 20,068 = 1.875,55 tCO2eq
Total	706.085 para ton = 706,085	tCO2eq = 2.661,04

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 04: Informações para o ano de 2025

Material	Volume coletado (tonelada)	Emissões Evitadas
Papel	438.020 para ton = 438,02	X 0,119 = 52,124 tCO2eq
Plástico	273.148 para ton = 273,148	X 1,180 = 322,314 tCO2eq
Metal	39.246 para ton = 39,24	X 20,068 = 787,588 tCO2eq
Sucata*	76.393 para ton = 76,39	X 20,068 = 1.532,99 tCO2eq
Total	826.807 para ton = 826,807	tCO2eq = 2.695,01

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos dados apresentados no Quadro 03, referente ao ano de 2024, evidencia que as atividades de reciclagem dos materiais papel, plástico, metal e sucata possibilitaram evitar aproximadamente 2.661,04 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq)**.** Esses resultados demonstram a relevância da reciclagem como estratégia de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto da gestão de resíduos sólidos. Observa-se que os materiais metálicos apresentam a maior contribuição para a redução das emissões**,** com destaque para a sucata metálica. Esse comportamento está associado ao elevado fator de emissão evitada relacionado à reciclagem de metais, uma vez que a produção desses materiais a partir de matérias-primas virgens demanda elevado consumo energético e intensivos processos industriais, resultando em maiores emissões de GEE. Além disso, a produção do aço brasileiro depende da importação carvão de melhor qualidade. Dessa forma, a reciclagem de metais promove significativa economia de energia, menor dependência da importação de carvão e redução das emissões associadas ao ciclo produtivo (IPCC, 2023).

O plástico também apresenta contribuição relevante para a mitigação das emissões**,** considerando que sua reciclagem reduz a necessidade de produção de polímeros a partir de derivados de petróleo, processo que envolve elevado consumo energético e emissões significativas de carbono. Além disso, embora os plásticos sejam leves por apresentarem baixa densidade, causam um grande dano ambiental quando jogados em rios e mares, contaminando a vida marinha (EPA, 2020). Em contrapartida, o papel**,** embora represente um volume expressivo de material coletado, apresenta menor fator de emissão evitada quando comparado aos metais, o que reduz sua participação relativa no total de emissões evitadas. De toda a forma, a reciclagem do papel contribui com a preservação ambiental pois reduz a necessidade de corte de árvores.

No que se refere aos dados apresentados no Quadro 04**,** referentes ao ano de 2025, verifica-se que a reciclagem dos materiais analisados possibilitou evitar aproximadamente 2.695,01 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2eq)**.** Assim como observado no ano de 2024, os materiais metálicos apresentam a maior contribuição para a mitigação das emissões, especialmente o metal e a sucata, que juntos representam a maior parcela das emissões evitadas. Esse resultado reforça o papel estratégico da reciclagem de metais no contexto da economia circular, na medida em que promove o reaproveitamento de recursos materiais e reduz a pressão sobre a extração de recursos naturais e importação de carvão, além de contribuir para a redução das emissões associadas aos processos industriais. O plástico, apesar de apresentar menor volume no período analisado, também contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, evidenciando a importância da recuperação, reinserção desse material nas cadeias produtivas e redução da poluição ambiental causada por esses materiais.

Na sequência, o Quadro 05 apresenta uma estimativa do potencial econômico associado às emissões evitadas, considerando o valor negociado da tonelada de CO_2 equivalente (tCO_2eq) no mercado de carbono da Bolsa de Valores da Califórnia**,** conforme cotação observada em fevereiro de 2026. A partir dessa referência, torna-se possível estimar o valor que poderia ser obtido caso estivesse implantado no Brasil pela Secretaria Executiva do Mercado de Carbono (SEMC) um sistema de mercado de carbono do tipo "cap and trade"**,** aliado ao desenvolvimento de projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**.** Assim, a estimativa mostrada no Quadro 05 permite avaliar o potencial de geração de créditos de carbono associado às atividades de reciclagem realizadas pela Associação Semente do Amanhã, evidenciando que iniciativas voltadas à gestão adequada de resíduos sólidos urbanos podem gerar benefícios ambientais, climáticos e econômicos simultaneamente. Além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, tais iniciativas podem fortalecer a valorização econômica da reciclagem, ampliar a sustentabilidade das associações de catadores e promover avanços na implementação de estratégias de economia circular e desenvolvimento sustentável**.**

Quadro 05: Quadro comparativo dos anos de 2024 e 2025 pra potencial valores a receber no "cap and trade"

Ano	Emissões evitadas (tCO_2eq)	Valor estimado por tCO_2eq (R$)	Valor potencial (R$)
2024	2.661,04	*US$ 30,00 = R$150,00	R$ 399.156
2025	2.695,01	*US$ 30,00 = R$150,00	R$ 404.251
	Total		R$ 803.407,00

*USD=R$ variação cambial aproximada em: 1USD=5R$ (Bolsa de Valores da Califórnia, 2026)

A partir da estimativa baseada no preço médio do mercado de carbono da Califórnia, observa-se que as atividades de reciclagem da associação apresentam potencial econômico significativo quando associadas à geração de créditos de carbono**.** No cenário analisado, as reduções de emissões alcançadas em 2024 poderiam representar aproximadamente R$ 399 mil em créditos de carbono, enquanto em 2025 esse valor poderia atingir cerca de R$ 404.251 mil, refletindo o aumento das emissões evitadas no período. Esses resultados evidenciam que projetos de reciclagem desenvolvidos por associações de catadores possuem um enorme potencial de inserção em mecanismos de mercado de carbono**,** podendo representar uma fonte adicional de receita além da comercialização tradicional dos materiais recicláveis.

Em síntese, os resultados apresentados evidenciam que as atividades desenvolvidas pela Associação Semente do Amanhã geram benefícios ambientais economicamente mensuráveis, especialmente por meio das emissões evitadas associadas à reciclagem de resíduos sólidos. Contudo, observa-se que esse valor ambiental não se converte automaticamente em renda para os agentes envolvidos. Em termos econômicos, isso significa que há geração de um ativo potencialmente negociável sem a existência de mecanismos institucionais capazes de assegurar sua monetização efetiva. Assim, a ausência de um mercado de carbono plenamente estruturado impede que os benefícios ambientais produzidos sejam apropriados economicamente pela associação.

À luz da abordagem pós-keynesiana, essa limitação pode ser interpretada como uma situação de demanda não realizada. Embora exista produção de valor — expressa na redução mensurável das emissões de gases de efeito estufa — não há garantia de que esse valor encontre validação econômica na forma de demanda efetiva. Em outras palavras, a existência de emissões evitadas não é suficiente, por si só, para gerar renda, uma vez que a realização econômica desses ativos depende da presença de estruturas institucionais que permitam sua certificação, comercialização e absorção pelos mercados.

Essa limitação assume relevância ainda maior em atividades intensivas em trabalho, como a reciclagem de resíduos sólidos urbanos. A impossibilidade de converter os créditos potenciais de carbono em fluxos efetivos de renda reduz a capacidade de expansão dessas atividades, limita investimentos em infraestrutura e restringe a ampliação da renda dos trabalhadores envolvidos. Consequentemente, a ausência de mecanismos de monetização dos ativos ambientais produzidos pela associação implica não apenas perda ambiental, mas também perda de dinamismo econômico local e de oportunidades de inclusão produtiva.

Os resultados também reforçam o argumento de que mercados ambientais não emergem espontaneamente a partir da simples existência de ativos ambientais. A consolidação do mercado de carbono depende da atuação coordenadora do Estado na definição de regras, metodologias de certificação e mecanismos capazes de assegurar demanda para os créditos gerados. Sem essas condições, o mercado tende a permanecer incompleto, limitando sua capacidade de promover simultaneamente mitigação ambiental, geração de renda e desenvolvimento econômico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a atividade de reciclagem desenvolvida pela associação Semente do Amanhã apresenta elevado potencial ambiental e econômico, especialmente no que se refere à mitigação das emissões de gases de efeito estufa e à possibilidade de geração de créditos de carbono. A partir da quantificação das emissões evitadas no período de 2024–2025, verificou-se crescimento expressivo da atividade de reciclagem, acompanhado de significativo potencial de geração de receita associado ao mercado de carbono.

Os resultados evidenciam que a reciclagem de resíduos sólidos urbanos, sobretudo de materiais metálicos e plásticos, possui elevada capacidade de redução de emissões de CO_2 equivalente, reforçando o papel estratégico das associações de catadores no contexto da economia circular, da transição ecológica e das políticas de desenvolvimento sustentável.

Entretanto, sob a ótica pós-keynesiana adotada neste trabalho, observa-se que o potencial ambiental gerado não se converte automaticamente em renda efetiva. A inexistência de mecanismos institucionais consolidados capazes de assegurar a monetização das emissões evitadas limita a transformação desse valor ambiental em receita econômica para os agentes envolvidos. Em outras palavras, há geração de valor ambiental sem sua correspondente realização econômica.

A análise econômica realizada indica que, caso existissem mecanismos plenamente operacionais de comercialização de créditos de carbono no Brasil, a associação Semente do Amanhã poderia ter agregado aproximadamente R$ 803.407,00 em receitas potenciais no período de 2024–2025. Esse montante evidencia não apenas a relevância econômica da reciclagem, mas também a existência de uma importante oportunidade de geração de renda, inclusão produtiva e fortalecimento financeiro das associações de catadores.

Nesse sentido, a consolidação de um mercado regulado de carbono, associada à ampliação de mecanismos de certificação e validação das emissões evitadas, pode representar importante instrumento de política econômica e ambiental. Além de contribuir para o cumprimento das metas climáticas, tais mecanismos possuem potencial para estimular investimentos, ampliar a demanda agregada, promover geração de emprego e renda e fortalecer atividades ambientalmente sustentáveis.

Conclui-se, portanto, que a valorização econômica das emissões evitadas pela reciclagem deve ser compreendida não apenas como uma estratégia ambiental, mas também como uma política de desenvolvimento econômico e inclusão social. A efetividade desse processo, contudo, depende da atuação coordenada do Estado na criação de condições institucionais capazes de reduzir incertezas, estruturar mercados e viabilizar a realização econômica dos ativos ambientais gerados pelas atividades de reciclagem.

5. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, T. Inovação e ESG: O futuro dos negócios passa por aqui. *Growth Report*, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Fatores de emissão de gases de efeito estufa associados à reciclagem de resíduos sólidos. Brasília: MMA, 2019.

BUALLAY, A. Is sustainability reporting (ESG) associated with performance? Evidence from the European banking sector. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 30, No. 1, pp.98–115, 2019.

CARVALHO, Fernando J. Cardim de. *Mr. Keynes and the post Keynesians: principles of macroeconomics for a monetary production economy*. Aldershot: Edward Elgar, 1992.

CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 53-67, 2010.

FERNANDES, Daniel; LEITE, Alexandre. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e desenvolvimento sustentável no Brasil: limites e potencialidades. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 567-586, 2021.

FERRARI FILHO, Fernando. Teoria geral: setenta anos depois. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 213-225, 2006.

HAAS, Tobias; SANDER, Hendrik; TRENKLE, Norbert. Green transition and structural uncertainty: challenges for low-carbon investment coordination. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 48, p. 100721, 2023.

HELLVIG, E.L; FLORES-SAHAGUN, T.H.S.; *Políticas públicas para o setor primário alinhadas à baixa emissão de carbono: Mapeamento e Territorialização dos Arranjos Produtivos Locais de São José dos Pinhais*. Aceito para publicação de 23/05/2021, Revista Econômica do Nordeste-REN, 2021.

IBAMA-COSAMA. *Relatório SINIR*. Disponível em: <https://relatorios.sinir.gov.br/relatorios/estadual/index.php?ibge=41&ano=2020.> Acesso em Dez de 2022 às 20 horas.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023.

KEYNES, John Maynard. *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London: Macmillan, 1936.

KHAN, S. A. R.; UMAR, M.; TAN, K. H.; YU, Z. Circular economy and digital technologies: an evolving trend in environmental sustainability. Integrated Environmental Assessment and Management, v. 18, n. 4, p. 853-856, 2022.

LIMA, Gilberto Tadeu. Demanda efetiva, distribuição e crescimento econômico. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 635-654, 2013.

MCTIC - Ministério de Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação: *Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento limpo (2019).* Available in: www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/index.html. Accessed: June 2019.

MCTIC - Ministério de Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação. *Protocolo de Quioto(2020).* Disponível em: <https://www.mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>. Acesso em maio de 2022 às 19h.

PAULA, Luiz Fernando. *Sistema financeiro, bancos e financiamento da economia*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS - PNUD. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima***.** Disponível em: < http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/21037.html.> Acesso em: jul 2020 22h.

Programa das Nações Unidas -UNDP- *Convenção sobre o clima***.** Dispinível em: <http://www.UNPD.org/pt-br/noticias-e-reportagens.> Acesso em maio de 2022 às 21h.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Waste Reduction Model (WARM): version 15. Washington, DC, 2020.

WHALEN, Charles J. Institutions, uncertainty and post-Keynesian economics: contemporary challenges for economic coordination. *Brazilian Keynesian Review*, v. 9, n. 2, p. 45-63, 2023.