

Análise Econômica e Ambiental dos Créditos de Carbono

Uma Revisão Baseada em Estudos de Caso

Caroline Borjes¹<https://orcid.org/0009-0004-8404-5237>

RESUMO

O artigo apresenta uma análise dos mercados regulados e voluntários de crédito de carbono, com base em dados secundários e estudos de caso. Os resultados mostram que o mercado regulado produz preços mais altos e estáveis, enquanto o voluntário favorece a inclusão de projetos comunitários. Contudo, alguns desafios ainda persistem. O estudo recomenda o fortalecimento das políticas públicas e apoio técnico a pequenos projetos como estratégia para ampliar os impactos positivos.

Palavras-chave

Créditos de Carbono; Análise Econômica; Impacto Ambiental; Mercados de Carbono.

Economic and Environmental Analysis of Carbon Credits

A Case-Based Review

ABSTRACT

The article presents an analysis of regulated and voluntary carbon credit markets, based on secondary data and case studies. The results show that the regulated market yields higher and more stable prices, while the voluntary market promotes the inclusion of community-based projects. However, some challenges still persist. The study recommends strengthening public policies and providing technical support to small-scale projects as a strategy to enhance positive impacts.

Keywords

Carbon Credits; Economic Analysis; Environmental Impact; Carbon Markets.

Submetido em: 23/06/2025 – Aprovado em: 09/07/2025 – Publicado em: 10/07/2025

¹ Engenheira Ambiental, FAMA, Goiás, csb1810@gmail.com.



1 INTRODUÇÃO

Frente à urgência e à premente necessidade de se frear os efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente, há uma grande busca global por soluções que efetivamente harmonizem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

A intensificação das mudanças climáticas, impulsionada principalmente pelas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE), impõe à sociedade contemporânea o desafio de conciliar crescimento econômico com proteção ambiental (IPCC, 2021). Nesse cenário, os mercados de carbono surgem como mecanismos inovadores para incentivar a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), atribuindo valor monetário à mitigação de carbono.

Os créditos são certificados negociáveis que representam a remoção ou a não emissão de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). A padronização em CO₂e permite a conversão das emissões dos diversos GEE com base em seu potencial de aquecimento global (GWP), conforme definido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014). Por exemplo, a redução de uma tonelada de metano (GWP = 28) equivale à remoção de 28 toneladas de CO₂, o que gera 28 créditos de carbono (UNFCCC, 2020).

Esses créditos são comercializados em dois grandes mercados: o regulado — geralmente vinculado a políticas públicas climáticas nacionais ou regionais, como o European Union Emissions Trading System (EU ETS) — e o mercado voluntário, que permite a participação de empresas e indivíduos interessados em compensar suas emissões de forma espontânea, muitas vezes como parte de estratégias ESG (Environmental, Social and Governance) (ICAP, 2023; VERRA, 2022).

Este artigo tem como objetivo analisar o desempenho econômico e ambiental de ambos os mercados de carbono, por meio de estudos de caso de projetos localizados na América Latina, África e Sudeste Asiático. A pesquisa visa identificar os impactos positivos, as limitações operacionais e as oportunidades de melhoria na governança desses instrumentos, contribuindo para o debate sobre sua eficácia frente à urgência climática global.

2 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão sistemática de literatura e análise documental. A coleta de dados baseou-se em fontes secundárias provenientes de artigos científicos indexados em bases como Scopus, Web of Science e SciELO, além de relatórios técnicos emitidos por organizações internacionais, como o Banco Mundial (2023), o International Carbon Action Partnership – ICAP (2023), a Verra (2022), a Embrapa (2022) e o UNFCCC (2020).

Complementarmente, foram analisados estudos de caso de projetos implementados em três regiões estratégicas para a mitigação climática: América Latina, África Subsaariana e Sudeste Asiático. A seleção dos casos considerou critérios como diversidade de escopo (florestal, agroflorestal, energia), volume de créditos gerados, impacto socioeconômico documentado e reconhecimento por padrões internacionais (como VCS e Gold Standard).

3 FUNDAMENTOS DO CRÉDITO DE CARBONO

O conceito de crédito de carbono baseia-se na lógica de que a emissão evitada ou a remoção de gases de efeito estufa pode ser quantificada, certificada e convertida em um ativo negociável. Cada crédito equivale a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) que deixou de ser emitida ou foi retirada da atmosfera por meio de ações adicionais a uma linha de base estabelecida (VERRA, 2022).

3.1 Principais Projetos Geradores de Créditos de Carbono

a) Reflorestamento e manejo sustentável do solo: Projetos de reflorestamento e conservação florestal capturam e armazenam CO₂ na biomassa das árvores e no solo. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como as fazendas de carbono e o manejo otimizado do solo, também contribui para o sequestro de carbono e reduz a pressão por desmatamento, promovendo créditos de carbono no setor agroindustrial.

b) Substituição da matriz energética: Incentivar a transição para fontes renováveis, como energia solar, eólica, hidrelétrica e biomassa, reduz a dependência de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, as emissões de CO₂. Projetos de eficiência energética e diversificação da matriz energética contribuem para diminuir a pegada de carbono, especialmente em atividades industriais.

c) Logística reversa e reciclagem: A implementação de logística reversa possibilita que produtos e embalagens retornem ao ciclo produtivo, facilitando a reciclagem e diminuindo a necessidade de matéria-prima virgem. Esse processo reduz as emissões associadas à fabricação de novos produtos.

d) Coprocessamento de resíduos industriais: Resíduos não recicláveis, como pneus e materiais oleosos, podem ser utilizados como combustível em processos industriais que demandam altas temperaturas, como a fabricação de cimento. Esse uso substitui combustíveis convencionais e contribui para a redução das emissões de carbono, ao mesmo tempo em que dá uma destinação adequada a resíduos difíceis de tratar.

3.2 Mercados de Carbono

Os créditos de carbono podem ser negociados em dois tipos principais de mercados: o mercado regulado (compliance market) e o mercado voluntário (voluntary market). Ambos são fundamentais para o avanço da precificação de carbono como ferramenta de mitigação climática, embora possuam estruturas, objetivos e mecanismos distintos (Banco Mundial, 2023; ICAP, 2023).

Mercado regulado é estabelecido por legislações nacionais ou regionais, que definem limites obrigatórios de emissão para setores específicos da economia. Seu principal instrumento são os sistemas de comércio de emissões (ETS – Emissions Trading Systems), como o *European Union Emissions Trading System (EU ETS)*, o *California Cap-and-Trade Program* e o *China National ETS*.

Nesses sistemas, os governos estabelecem um teto de emissões e distribuem permissões ou créditos (allowances), que podem ser comercializados entre os participantes. Caso uma empresa emita menos do que o permitido, pode vender seu excedente a outra que tenha ultrapassado seu limite, criando assim um incentivo econômico à redução de emissões (ICAP, 2023).

Entre as principais características do mercado regulado estão:

- **Estabilidade e liquidez:** devido à regulação estatal e à previsibilidade das metas.
- **Participação restrita:** geralmente limitada a grandes emissores dos setores de energia, indústria e aviação.
- **Preços mais altos e previsíveis:** o preço médio do EU ETS em 2023 superou 100 euros/tCO₂e (aprox. R\$ 571), refletindo sua maturidade e robustez (Banco Mundial, 2023).

O mercado voluntário, por outro lado, é formado por empresas, organizações e indivíduos que desejam compensar voluntariamente suas emissões, mesmo quando não são obrigados por lei. A motivação para participar deste mercado inclui compromissos ESG, estratégias de marketing verde, pressão de investidores ou preparação para futuras regulações.

Enquanto o mercado regulado oferece robustez institucional e volume financeiro, o mercado voluntário é essencial para a inovação, experimentação e inclusão de projetos menores que podem gerar impactos locais relevantes — especialmente em comunidades vulneráveis (The Guardian, 2023).

Projetos que atuam no mercado voluntário devem seguir padrões de certificação reconhecidos internacionalmente, como o **Verified Carbon Standard (VCS)** da Verra, o **Gold Standard** ou o **Plan Vivo**. Esses padrões garantem a integridade ambiental e a adicionalidade dos créditos gerados.

As principais características do mercado voluntário incluem:

- **Maior diversidade de projetos:** com destaque para iniciativas comunitárias, agroflorestais e de conservação, muitas vezes situadas em países em desenvolvimento (Gold Standard, 2022).
- **Preços mais baixos e variáveis:** em 2023, os créditos foram comercializados entre R\$ 20 e R\$ 40 por tCO₂e, com oscilações relacionadas à credibilidade dos projetos e à demanda (Verra, 2022).
- **Inclusão de co-benefícios sociais:** como educação, geração de renda, igualdade de gênero e proteção à biodiversidade.

A aquisição de créditos neste mercado é frequentemente motivada por políticas de responsabilidade socioambiental, compromissos com a neutralidade de carbono ou fortalecimento da imagem no mercado.

Empresas de diversos setores — como tecnologia, construção, aviação e alimentos — usam o mercado voluntário para cumprir metas voluntárias de redução de emissões, muitas vezes como parte de compromissos públicos com a sustentabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados extraídos da literatura especializada e de relatórios institucionais revela diferenças significativas entre os mercados regulado e voluntário de carbono, tanto no aspecto econômico quanto nos impactos socioambientais dos projetos analisados.

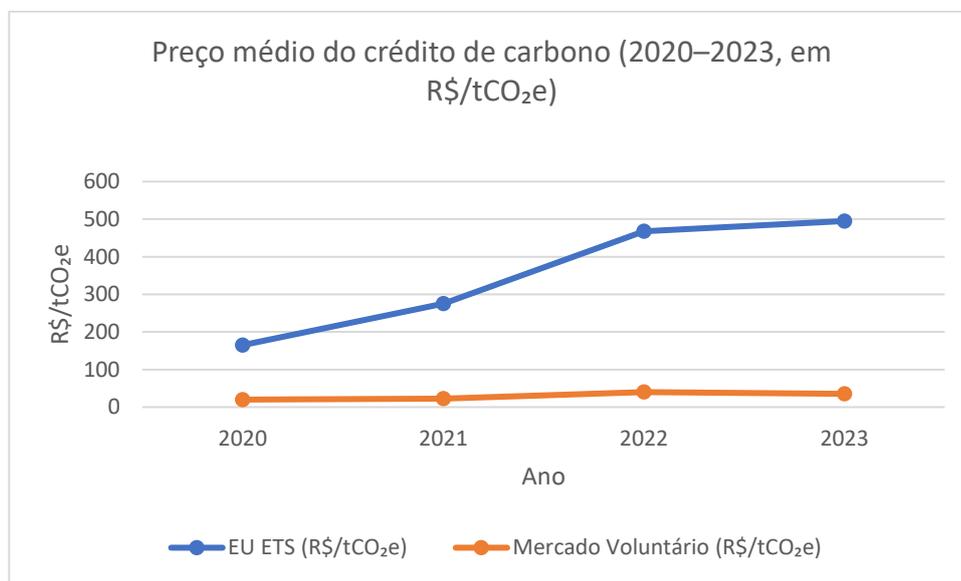
4.1 Desempenho Econômico dos Mercados

No mercado regulado, os preços dos créditos de carbono têm apresentado maior estabilidade e tendência de alta, especialmente em contextos de restrição energética. O *EU ETS* (European Union Emissions Trading System), considerado o mais consolidado entre os mercados regulados, atingiu preços superiores a 100 euros/tCO₂e em 2023, o que equivale a aproximadamente R\$ 571,00, conforme dados do ICAP (2023) e do Banco Mundial (2023). Tal valorização foi acentuada pela crise energética provocada pela guerra na Ucrânia, que expôs a vulnerabilidade da matriz fóssil e impulsionou o valor das permissões de emissão.

Em contraste, o mercado voluntário demonstrou maior volatilidade de preços. Em 2023, os créditos voluntários foram negociados em faixas que variaram de R\$ 20 a R\$ 40 por tonelada de CO₂ equivalente, dependendo do tipo de projeto, da certificadora e da demanda do setor privado (Verra, 2022).

A ausência de uma regulação centralizada torna o mercado mais acessível, porém suscetível à especulação, à desinformação e à perda de credibilidade quando ocorrem escândalos de "greenwashing" (The Guardian, 2023).

Gráfico 1 - Preço médio do crédito de carbono nos principais mercados (2020–2023)



Fonte: Adaptado de ICAP (2023) e Banco Mundial (2023).

4.2 Estudos de Caso: Impactos Econômicos e Socioambientais

A análise de três estudos de caso, situados em diferentes regiões do mundo, demonstra que os créditos de carbono podem gerar impactos relevantes, desde que os projetos sejam bem estruturados, certificados e acompanhados com transparência.

Tabela 1 - Exemplos de projetos e impacto estimado (econômico e ambiental)

| Projeto | Local | Tipo | Receita estimada (R\$/ano) | Co-benefícios |
|--------------------------|------------------|---------------|----------------------------|--------------------------------|
| Projeto Suruí (REDD+) | Brasil | Florestal | R\$ 2.500.000 | Empoderamento indígena |
| Agrofloresta Sustentável | África Ocidental | Agricultura | R\$ 1.000.000 | Renda familiar, biodiversidade |
| Reflorestamento (Verra) | Sudeste Asiático | Florestamento | R\$ 5.000.000 | Clima, educação ambiental |

Fonte: VERRA (2022), Gold Standard (2022), IDESAM (2021).

O **Projeto Suruí**, desenvolvido na Terra Indígena Sete de Setembro (RO/AM), foi o primeiro REDD+ indígena validado internacionalmente e gerou impactos sociais notáveis. Entre 2009 e 2014, a iniciativa conseguiu reduzir significativamente o desmatamento local, além de direcionar os recursos da comercialização dos créditos para a construção de escolas, capacitação técnica, segurança alimentar e melhoria na infraestrutura de saúde (IDESAM, 2021; Zwick, 2019). Entretanto, o projeto foi suspenso em 2018 devido à intensificação do garimpo ilegal após a descoberta de jazidas de ouro na região — um exemplo claro de como pressões externas podem comprometer a eficácia de soluções climáticas locais.

Outro caso relevante é o das agroflorestas certificadas pelo Gold Standard em países da África Ocidental. Estes projetos conciliam práticas agrícolas regenerativas com reflorestamento de áreas degradadas, gerando renda para pequenos agricultores e promovendo a segurança alimentar. Além dos créditos comercializados, os agricultores beneficiam-se do uso sustentável da terra e do acesso a mercados verdes internacionais (Gold Standard, 2022).

Por fim, os projetos de reflorestamento certificados pelo padrão VCS (Verra) no Sudeste Asiático mostram que, mesmo em contextos com alta pressão populacional, é possível desenvolver iniciativas de captura de carbono aliadas à educação ambiental, ao turismo ecológico e à proteção de espécies nativas (UNFCCC, 2020; Verra, 2022).

Os co-benefícios observados nos estudos de caso incluem não apenas empoderamento social, mas também ganhos em indicadores de saúde, educação e segurança alimentar. No Projeto Suruí, por exemplo, os recursos oriundos da comercialização de créditos foram aplicados na construção de escolas, postos de saúde e na capacitação técnica da comunidade, ampliando o impacto positivo do projeto além das dimensões ambientais.

4.3 Desafios Persistentes

Apesar do potencial promissor, os mercados de carbono enfrentam uma série de desafios estruturais. No mercado voluntário, destaca-se a falta de transparência em alguns padrões de verificação, a ausência de preços mínimos e a dificuldade de mensuração dos impactos indiretos (The Guardian, 2023). Já no mercado regulado, a complexidade burocrática e o risco de "fuga de carbono" (carbon leakage) exigem mecanismos complementares, como a criação de ajustes de fronteira e o investimento em tecnologias de baixo carbono (Banco Mundial, 2023).

Tais obstáculos evidenciam a necessidade de um alinhamento mais eficaz entre políticas climáticas, integridade ambiental e justiça socioeconômica. Superá-los exige não apenas o aprimoramento técnico dos mecanismos de mercado, mas também o fortalecimento institucional e o engajamento multissetorial, especialmente em países em desenvolvimento.

5 RECOMENDAÇÕES PARA O FORTALECIMENTO DOS MERCADOS

A consolidação dos mercados de carbono como instrumentos eficazes na mitigação das mudanças climáticas e na promoção do desenvolvimento sustentável requer uma série de medidas estratégicas, tanto no âmbito nacional quanto internacional. Com base nos dados discutidos, nos estudos de caso analisados e nas lacunas identificadas, são propostas as seguintes recomendações:

5.1 Governança e Regulação

A criação de marcos regulatórios claros, transparentes e harmonizados é essencial para aumentar a confiança dos investidores e garantir a integridade ambiental dos créditos de carbono. A adoção de sistemas de monitoramento, reporte e verificação (MRV) robustos, auditáveis e compatíveis com padrões internacionais é crucial para evitar fraudes, dupla contagem e greenwashing (ICAP, 2023).

No caso brasileiro, a regulamentação do mercado nacional de carbono, prevista no Projeto de Lei nº 2.148/2015, deve avançar com mecanismos que articulem o setor produtivo, os povos tradicionais e o financiamento climático internacional.

5.2 Apoio Técnico e Financeiro a Pequenos Projetos

Projetos de pequena escala, especialmente em áreas rurais ou de comunidades tradicionais, têm alto potencial de geração de co-benefícios. No entanto, enfrentam dificuldades operacionais, como a falta de conhecimento técnico, barreiras de acesso à certificação e altos custos transacionais.

É fundamental que programas públicos e iniciativas multilaterais ampliem o acesso a:

- Assistência técnica especializada;
- Plataformas simplificadas de certificação;
- Fundos climáticos que subsidiem etapas críticas como validação e verificação.

5.3 Educação Climática e Capacitação Comunitária

A eficácia de projetos de carbono está diretamente ligada ao envolvimento ativo das comunidades locais. Para isso, é necessário investir em programas de educação ambiental, capacitação em gestão de projetos e fortalecimento da governança local, visando à autonomia e sustentabilidade das iniciativas (IDESAM, 2021).

Exemplos como o Projeto Suruí demonstram que o empoderamento local é fator determinante para o sucesso e longevidade dos projetos.

5.4 Integração com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A expansão dos mercados de carbono deve ocorrer em sinergia com os ODS, de modo que cada crédito gerado não apenas represente a mitigação de GEE, mas também contribua com metas como:

- Erradicação da pobreza (ODS 1);
- Igualdade de gênero (ODS 5);
- Energia limpa e acessível (ODS 7);
- Ação contra a mudança global do clima (ODS 13);
- Vida terrestre (ODS 15).

Essa integração reforça a legitimidade socioambiental dos projetos e amplia sua aceitação junto a financiadores, governos e consumidores.

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que os mercados de créditos de carbono, tanto regulados quanto voluntários, possuem papel estratégico na mitigação das mudanças climáticas e na promoção do desenvolvimento sustentável. No entanto, seus impactos econômicos e ambientais variam significativamente conforme o modelo de governança, o tipo de projeto e a região de implementação.

O mercado regulado, ao ser sustentado por instrumentos legais robustos e sistemas de comércio de emissões consolidados, apresenta maior previsibilidade, liquidez e valorização dos créditos. Por outro lado, o mercado voluntário permite a participação de uma gama mais ampla, inclusive pequenos produtores, povos indígenas e comunidades tradicionais, viabilizando co-benefícios sociais significativos, como geração de renda, inclusão produtiva e fortalecimento institucional local.

Contudo, a existência de desafios persistentes — como a volatilidade de preços, a falta de padronização metodológica, o risco de dupla contagem e a vulnerabilidade a pressões externas — indica a necessidade de aperfeiçoamento dos marcos regulatórios e dos mecanismos de governança, especialmente no mercado voluntário.

Diante disso, recomenda-se:

- **Fortalecer políticas públicas nacionais e internacionais** que promovam a integração dos créditos de carbono aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), de forma a garantir que a mitigação climática caminhe junto com justiça social e conservação ambiental.
- **Ampliar o acesso técnico e financeiro a projetos de pequena escala**, especialmente em países em desenvolvimento, com foco em populações vulneráveis.

- **Aprimorar os sistemas de verificação, rastreabilidade e transparência**, evitando práticas de “greenwashing” e garantindo a credibilidade dos créditos negociados.
- **Estimular a educação climática e a capacitação técnica local**, para fortalecer o protagonismo comunitário na gestão dos projetos e nos benefícios gerados.

Conclui-se, portanto, que os créditos de carbono não devem ser tratados apenas como instrumentos financeiros, mas como mecanismos integrados de transformação socioambiental. Sua efetividade depende de um arcabouço técnico, ético e institucional que valorize a integridade ambiental, a equidade e a transparência nas relações econômicas e climáticas globais.

REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. *State and Trends of Carbon Pricing 2023*. Washington: World Bank, 2023. Disponível em: <https://www.worldbank.org>. Acesso em: 20 maio 2024.

EMBRAPA. *Potencial do Programa ABC+ na mitigação de carbono*. Brasília: Embrapa, 2022.

GOLD STANDARD. *Sustainable Cocoa Agroforestry Projects in West Africa*. 2022. Disponível em: <https://www.goldstandard.org>. Acesso em: 22 maio 2024.

ICAP – INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP. *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2023*. Berlim: ICAP, 2023. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com>. Acesso em: 22 maio 2024.

IDESAM – INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA. *Projeto Suruí*. Manaus: IDESAM, 2021. Disponível em: <https://idesam.org>. Acesso em: 22 maio 2024.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: 10.1017/9781009157896.

IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Summary for Policymakers*. Genebra: IPCC, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch>. Acesso em: 20 maio 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CHILE. *Compensaciones de emisiones*. Santiago: MMA, 2023. Disponível em: <https://mma.gob.cl>. Acesso em: 22 maio 2024.

THE GUARDIAN. *Rainforest carbon offsets investigation*. Londres, 2023. Disponível em: <https://www.theguardian.com>. Acesso em: 23 maio 2024.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. *REDD+ Activities in Southeast Asia*. Bonn: UNFCCC, 2020. Disponível em: <https://unfccc.int>. Acesso em: 21 maio 2024.

VERRA. *Verified Carbon Standard Program Updates*. Washington: Verra, 2022. Disponível em: <https://verra.org>. Acesso em: 20 maio 2024.

ZWICK, Steve. *The Suruí Forest Carbon Project: A Cautionary Tale*. Forest Trends, 2019. Disponível em: <https://www.forest-trends.org/publications/surui-carbon-project>. Acesso em: 21 maio 2024.