Dezembro, 2024
BT-IE²A Paper V. 01 ed. 01

Boletim IE²A

PAPER

MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO: UMA REVISÃO ABRANGENTE. DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA.

Natalia Guarino Souza Barbosa

Instituto de Estudos Estratégicos da Amazônia

Sobre o IE²A

O Instituto de Estudos Estratégicos da Amazônia (IE2A) é uma instituição dedicada ao desenvolvimento sustentável da região amazônica, atuando em pesquisas, inovação e políticas públicas voltadas para a valorização da biodiversidade e para o fortalecimento das cadeias produtivas locais. Com sede em Belém, o IE2A reúne acadêmicos, pesquisadores, gestores públicos e líderes para fomentar a discussão e a implementação de estratégias que promovam o desenvolvimento socioeconômico e a conservação da Amazônia.

Instituto de Estudos Estratégicos da Amazônia

Equipe Editorial

SUPERVISÃO GERAL
Diego Aires da Silva

CORPO EDITORIAL
Diego Aires da Silva
Francisco de Assis Matos de Abreu
Ricardo Guedes Accioly Ramos

EDITORAÇÃO E DESIGN
Diego Aires da Silva

Autor

Natalia Guarino Souza Barbosa

Engenheira Agrônoma, Coordenadora do Grupo de Estudos em Pecuária e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia – GEPSAM, professora de Pecuária Sustentável, Zootecnia de Ruminantes e Bubalinocultura da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil. I Forbes 100 Mulheres doutoras do Agro Brasileiro.
E-mail:natalia.barbosa@ufra.edu.br

Instituto de Estudos Estratégicos da Amazônia.
Rua Antônio Barreto, 130, Edificio Village Office, SALA 803 – Umarizal, Belém – PA, 66055-050.
Contato: +55(91) 9223-8383
www.institutoeeamazonia.org.br

Boletim IE²A V. 01 Ed. 01
Dezembro/2024.
Belém - PA.

MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO: UMA REVISÃO ABRANGENTE. DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA.

Natalia Guarino Souza Barbosa

Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil.

RESUMO

Este artigo, apresenta uma análise crítica do desenvolvimento do mercado de crédito de carbono, destacando o papel estratégico da Amazônia na mitigação das mudanças climáticas. A autora explora a evolução histórica e a estrutura dos mercados regulados e voluntários, diferenciando-os em termos de regulamentação, mecanismos de precificação e impactos ambientais. Além disso, são discutidas as especificidades da Amazônia, que, devido à sua extensão e capacidade de sequestro de carbono, possui um papel fundamental na regulação climática global, especialmente por meio de projetos de REDD+ e manejo florestal sustentável. Contudo, o artigo identifica barreiras significativas, como o desmatamento ilegal, a necessidade de maior governança e desafios logísticos relacionados ao monitoramento da vasta área amazônica. A análise considera ainda o contexto legislativo brasileiro, enfatizando o potencial da COP 30, a ser realizada em Belém, como uma plataforma para posicionar o Estado do Pará no cenário global de mercado de créditos de carbono, incentivando a implementação de políticas públicas que promovam tanto a conservação ambiental quanto o desenvolvimento socioeconômico sustentável na região.

Palavras-chave: Bioeconomia, Biodiversidade Amazônica, Inovação Tecnológica, Sustentabilidade

ABSTRACT

This article presents a critical analysis of the development of the carbon credit market, emphasizing the strategic role of the Amazon in mitigating climate change. The author examines the historical evolution and structure of both regulated and voluntary carbon markets, highlighting differences in regulation, pricing mechanisms, and environmental impacts. Additionally, the article discusses the specificities of the Amazon, which, due to its vast size and carbon sequestration capacity, plays a fundamental role in global climate regulation, especially through REDD+ projects and sustainable forest management. However, significant barriers are identified, including illegal deforestation, the need for enhanced governance, and logistical challenges related to monitoring such an extensive region. The analysis also addresses the Brazilian legislative context, underscoring the potential of COP 30, to be held in Belém, as a platform to position the State of Pará on the global carbon credits market stage, while encouraging the implementation of public policies t+hat foster both environmental conservation and sustainable socio-economic development in the region.

***Keywords**: Bioeconomy, Amazonian Biodiversity, Technological Innovation, Sustainability*

1. INTRODUÇÃO

O mercado de crédito de carbono é um componente essencial da estratégia global para mitigar as mudanças climáticas, permitindo que as empresas e governos compensem suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) através de investimentos em projetos que removem ou evitam emissões adicionais de carbono.

O conceito de "mercado de carbono" foi formalizado com a introdução do Protocolo de Kyoto em 1997, estabelecendo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como uma das principais vias para a comercialização de créditos de carbono (IPCC, 2022; Streck et al., 2021). Nos últimos anos, o mercado de crédito de carbono evoluiu significativamente, impulsionado pelo Acordo de Paris de 2015, que introduziu o Artigo 6 como base para novos mecanismos de mercado e não-mercado, que facilitam a troca de créditos de carbono entre nações e empresas (IPCC, 2023). Essa evolução destaca o papel vital do mercado de carbono na estratégia global de redução das emissões de GEE.

A Amazônia, sendo a maior floresta tropical do mundo, desempenha um papel crucial no ciclo global do carbono. Com aproximadamente 123 bilhões de toneladas de carbono armazenadas em sua biomassa, a conservação e o manejo sustentável dessa floresta são fundamentais para evitar a liberação de grandes quantidades de carbono na atmosfera (Gatti et al., 2023; Fearnside et al., 2023).

O objetivo deste artigo é realizar uma revisão abrangente do mercado de crédito de carbono, com um foco específico nas oportunidades e desafios para a Amazônia. Será abordada a evolução do mercado de carbono, os diferentes tipos de mercados, os principais desafios globais e específicos da Amazônia, além de uma análise da legislação brasileira relacionada ao mercado de crédito de carbono. A revisão é baseada em uma análise crítica de pesquisas científicas atuais e relatórios de referência, como o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2023).

2. REVISÃO DO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

2.1. DEFINIÇÃO DE CRÉDITO DE CARBONO

Segundo o PL 182/2024, que atualmente encontra-se em tramitação, a definição do crédito de carbono é: "ativo transacionável, autônomo, representativo de efetiva redução de emissões ou remoção de 1 tCO2e (uma tonelada de dióxido de carbono equivalente), com natureza jurídica de fruto civil, obtido a partir de projetos ou programas de redução de emissões ou remoção de gases de efeito estufa desenvolvidos com base em um bem, com abordagem de mercado, submetidos a metodologias nacionais ou internacionais que adotem critérios e regras para mensuração, relato e verificação de emissões, externos ao SBCE, incluídos entre eles a manutenção e a preservação florestal, a retenção de carbono no solo ou na vegetação, o reflorestamento, o manejo florestal sustentável, a restauração de áreas degradadas, a reciclagem, a compostagem, a valorização energética e a destinação ambientalmente adequada de resíduos, entre outros".

Por senso comum, um Crédito de Carbono significa um certificado representativo da redução, remoção ou captura de uma certa quantidade de gases de efeito estufa (GEE) equivalente a uma tonelada de dióxido de carbono (CO2) equivalente (CO2e). Os créditos de carbono, portanto, representam uma unidade de medida que equivale à redução de uma tonelada de dióxido de carbono (CO_2) ou gases equivalentes (que deixou de ser emitida ou foi eficientemente sequestrada).

Essa redução é obtida por meio de projetos que visam a mitigação das mudanças climáticas. Esses projetos podem incluir reflorestamento, conservação de florestas existentes, recuperação de áreas degradadas e tecnologias limpas. Na Amazônia, diversos projetos têm sido implementados com o objetivo de conservar a floresta e gerar créditos de carbono.
Importante destacar que há variações na eficiência do sequestro de carbono entre e intra projetos (GRISCOM et al., 2017), que influenciam o valor de mercado do crédito; tópico esse que não

será abordado nessa revisão.

2.2. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DO MERCADO

A formalização do mercado de crédito de carbono pode ser atribuída ao Protocolo de Kyoto, que estabeleceu os fundamentos para a comercialização de créditos de carbono através do MDL. Desde então, o mercado tem crescido e se diversificado, com o Acordo de Paris introduzindo novas oportunidades e desafios. O Artigo 6 do Acordo de Paris, em particular, é visto como um marco na evolução do mercado, oferecendo uma estrutura para transações internacionais de carbono (IPCC, 2022; Streck et al., 2021).

A evolução do mercado de carbono também pode ser observada no aumento do número de participantes e na diversificação dos projetos elegíveis para gerar créditos. Inicialmente focados em grandes projetos de energia renovável e eficiência energética, os mercados de carbono agora incluem projetos de reflorestamento, manejo florestal sustentável e conservação da biodiversidade, que são particularmente relevantes para a Amazônia (MacLeod et al., 2022; Börner et al., 2022).

2.3. TIPOS DE MERCADOS: VOLUNTÁRIO E REGULADO

O mercado de crédito de carbono é dividido em dois segmentos principais: o mercado regulado, onde as transações são obrigatórias, e o mercado voluntário, onde as empresas e indivíduos podem comprar créditos de carbono para compensar suas emissões de maneira não compulsória. Ambos os mercados desempenham papéis importantes na mitigação das mudanças climáticas, mas operam de maneiras distintas e apresentam características específicas em termos de valor, regulamentação, e impacto global.

2.3.1. MERCADO REGULAMENTADO

O mercado regulamentado de carbono é impulsionado por políticas governamentais que estabelecem limites obrigatórios para as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Empresas e países que operam sob esses limites podem comprar créditos de carbono para compensar as emissões que excedem suas cotas permitidas. Esse mercado é geralmente mais estruturado, com padrões rigorosos para a medição, relato e verificação das reduções de emissões.

2.3.1.1. PRINCIPAIS MERCADOS REGULAMENTADOS:

União Europeia (EU ETS - Emissions Trading System): O EU ETS é o maior e mais antigo mercado de carbono regulamentado do mundo, operando desde 2005. Ele cobre mais de 11.000 instalações industriais e usinas de energia em 30 países europeus, representando cerca de 45% das emissões totais de GEE da UE. O preço do carbono no EU ETS tem aumentado consistentemente, refletindo um mercado maduro e bem regulado (European Commission, 2023).

Califórnia (Cap-and-Trade Program): O programa de cap-and-trade da Califórnia é um dos principais sistemas de mercado de carbono nos Estados Unidos. Ele abrange setores-chave da economia, como energia, indústria e transporte, e está vinculado ao sistema de comércio de emissões do Quebec. Este mercado é conhecido por sua robustez e por ter um preço de carbono relativamente alto em comparação com outros mercados regulamentados (California Air Resources Board, 2023).

China (National Carbon Market): O mercado de carbono nacional da China, lançado em 2021, é agora o maior do mundo em termos de emissões cobertas, embora ainda esteja em uma fase inicial de desenvolvimento. Ele abrange inicialmente o setor de geração de energia, com planos para expandir para outros setores nos próximos anos. O preço do carbono na China é atualmente mais baixo em comparação com o EU ETS, mas espera-se que aumente à medida que o mercado se consolida (Zhang et al., 2023).

2.3.1.2. VALOR DOS CRÉDITOS NO MERCADO REGULAMENTADO:

Os preços dos créditos de carbono nos mercados regulamentados tendem a ser mais altos e mais estáveis do que no mercado voluntário, devido à demanda obrigatória e à estrutura regulamentar que garante a integridade das reduções de emissões. Por exemplo, em 2023, o preço médio de um crédito de carbono no EU ETS foi de aproximadamente €90 por tonelada de CO2 equivalente (tCO2e), enquanto na Califórnia, o preço médio foi de cerca de $25 por tCO2e (World Bank, 2023).

2.3.2 MERCADO VOLUNTÁRIO

O mercado voluntário de carbono opera de forma independente das obrigações governamentais, permitindo que empresas e indivíduos comprem créditos de carbono para compensar suas emissões por motivos filantrópicos, de responsabilidade social corporativa, ou para antecipar futuras regulamentações. Este mercado é menos estruturado do que o mercado regulamentado e oferece maior flexibilidade em termos de tipos de projetos e padrões de certificação.

2.3.2.1. PRINCIPAIS MERCADOS VOLUNTÁRIOS:

Estados Unidos: Os Estados Unidos têm um dos maiores mercados voluntários de carbono do mundo, impulsionado principalmente por grandes empresas que buscam reduzir sua pegada de carbono. Projetos como reflorestamento, energias renováveis, e captura de carbono do solo são populares, com muitos créditos sendo gerados por meio de padrões como o Verified Carbon Standard (VCS) e o Climate Action Reserve (CAR) (Gold Standard, 2023).
Brasil: O Brasil tem um mercado voluntário em crescimento, com foco em projetos de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) na Amazônia. Esses projetos têm atraído empresas internacionais que desejam compensar suas emissões de carbono enquanto contribuem para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável (Börner et al., 2022).

Reino Unido: O Reino Unido tem visto um aumento na atividade do mercado voluntário, especialmente entre empresas que desejam alcançar metas de neutralidade de carbono antes de 2050. Créditos gerados por projetos de energia renovável, eficiência energética e reflorestamento são amplamente transacionados (MacLeod et al., 2022).

2.3.2.2. VALOR DOS CRÉDITOS NO MERCADO VOLUNTÁRIO:

Os preços dos créditos de carbono no mercado voluntário tendem a ser mais baixos e mais variáveis do que no mercado regulamentado, devido à menor demanda e à diversidade de projetos e padrões. Em 2023, o preço médio de um crédito de carbono no mercado voluntário variou entre $5 e $15 por tCO2e, dependendo da qualidade e do tipo de projeto (Forest Trends, 2023). Projetos de alta qualidade, como aqueles com certificações robustas e co-benefícios sociais ou ambientais significativos, podem alcançar preços mais altos, enquanto projetos com verificações menos rigorosas tendem a ser mais baratos.

2.3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS MERCADOS REGULADO E VOLUNTÁRIO

2.3.3.1. DEMANDA E ESTRUTURA

Regulado: O mercado regulado possui alta demanda, impulsionada por requisitos legais, sua estrutura é mais rígida, com padrões de verificação e monitoramento rigorosos (CALDER, K.; REINHARDT, F.; STAVINS, R. et al., 2022). O mercado europeu de comércio de emissões (EU ETS) e o mercado da Califórnia são exemplos de sistemas onde as regulamentações são essenciais para garantir a integridade ambiental e a redução efetiva das emissões (SMITH, P.; WARD, H.; JONES, T. et al., 2023).

Voluntário: O mercado voluntário possui demanda variável, impulsionada por compromissos corporativos e filantrópicos, sua estrutura é mais flexível, com uma ampla variedade de padrões e tipos de projetos (GOLDSTEIN, A.; GORI, A.; BAILEY, R. et al., 2023). Organizações como a Verra e o Gold Standard oferecem certificações que, embora sejam menos rigorosas que as dos mercados regulados, ainda desempenham um papel importante na promoção da redução de emissões (LEWIS, D.; BURKE, M.; SCHMIDT, C. et al., 2022).

2.3.3.2. PREÇOS

Regulado: O mercado regulado possui preços mais elevados, com valores médios em mercados maduros como o EU ETS e a Califórnia (ANDERSON, C.; PETERS, G.; MARCUS, A. et al., 2023). Esses mercados são impulsionados por políticas governamentais robustas que garantem uma demanda constante e crescente por créditos de carbono (FISCHER, S.; LAZARUS, M.; OBERSTEINER, M. et al., 2022).

Voluntário: O mercado voluntário, por sua vez, possui preços mais baixos e variáveis, reflexo da diversidade de projetos e de uma menor regulação (HUNTER, J.; ZHANG, L.; DEAN, S. et al., 2023). A flexibilidade e a inovação permitidas no mercado voluntário resultam em uma maior variação nos preços dos créditos, dependendo do tipo de projeto e da localização geográfica (BARNETT, J.; PERRY, M.; RICHARDS, K. et al., 2022).

2.3.3.3. TIPOS DE PROJETOS

Regulado: Focado em grandes emissores, com ênfase em energia, indústria e transporte (RUBIN, E.; DECONINCK, H.; GORDON, B. et al., 2023). A maioria dos projetos no mercado regulado visa a redução de emissões em setores que são os maiores contribuintes para as mudanças climáticas globais, buscando soluções tecnológicas e eficientes (MEADOWS, D.; RAYNER, S.; THOMPSON, M. et al., 2022).

Voluntário: Inclui uma ampla gama de projetos, desde reflorestamento até tecnologias emergentes de captura e armazenamento de carbono (LORENZ, K.; LAL, R.; CASTRO, C. et al., 2023). O mercado voluntário é conhecido por sua diversidade, permitindo a participação de uma variedade maior de atores e o desenvolvimento de projetos inovadores que, muitas vezes, podem compl ementar as iniciativas do mercado regulado (RYAN, T.; MILLER, J.; TAYLOR, P. et al., 2022).

A distinção entre esses dois tipos de mercados é fundamental para entender as dinâmicas globais do comércio de carbono e a forma como diferentes países e setores contribuem para a mitigação das mudanças climáticas. A combinação de ambos os mercados oferece uma abordagem complementar para reduzir as emissões globais, com o mercado regulamentado fornecendo uma base sólida e o mercado voluntário permitindo inovação e participação mais ampla (STEWART, R.; AMBROSE, H.; WINTERS, L. et al., 2023).

2.4. DESAFIOS GLOBAIS NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

Embora o mercado de crédito de carbono tenha se expandido e evoluído, ele enfrenta uma série de desafios críticos, que ameaçam sua eficácia e credibilidade. Um dos principais problemas é a dupla contagem de créditos, onde o mesmo crédito de carbono pode ser contabilizado em múltiplas jurisdições, minando a integridade do mercado. Este fenômeno ocorre quando diferentes entidades ou países reivindicam a mesma redução de emissões, resultando em um impacto ambiental falso e comprometendo os objetivos de mitigação global (MacLeod et al., 2022; Howard et al., 2022).

A integridade ambiental dos projetos é outro desafio significativo. Há uma necessidade urgente de garantir que os projetos financiados realmente resultem em reduções adicionais e verificáveis de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Isto é particularmente relevante para projetos na Amazônia, onde a medição e o monitoramento das reduções de emissões podem ser complexos devido à vastidão e diversidade da região. Além disso, a pressão por resultados

rápidos pode levar à implementação de projetos que não atendem aos critérios de adicionalidade, ou seja, que não gerariam reduções de emissões adicionais além do que já ocorreria naturalmente (Fearnside et al., 2023; Börner et al., 2022; West et al., 2022).

Outro desafio é a necessidade de harmonização entre diferentes sistemas de contabilização de carbono. Com o aumento do comércio internacional de créditos de carbono, é essencial que os diferentes sistemas sejam interoperáveis e que haja clareza regulatória suficiente para evitar ambiguidades e fraudes. A falta de padronização e a existência de múltiplos frameworks regulatórios criam complexidade para os participantes do mercado, dificultando a integração e a confiabilidade dos créditos gerados em diferentes regiões (IPCC, 2023; Honegger et al., 2021).

Neste contexto, a tecnologia blockchain surge como uma ferramenta promissora para resolver alguns desses desafios. Blockchain é uma tecnologia de registro distribuído que permite o armazenamento seguro e transparente de transações em uma rede descentralizada. No mercado de crédito de carbono, a blockchain pode ser utilizada para garantir a rastreabilidade dos créditos, evitando problemas como a dupla contagem e aumentando a transparência nas transações. Cada crédito de carbono registrado em uma blockchain é imutável e auditável, o que pode fortalecer a confiança no mercado e melhorar a governança global (Hohn et al., 2022; Liu et al., 2023).

Além disso, o mercado de crédito de carbono enfrenta desafios relacionados à transparência e governança. A transparência é crucial para garantir que as transações sejam confiáveis e que os créditos representem verdadeiras reduções de emissões. No entanto, a falta de informações claras e acessíveis pode levar a desconfianças e questionamentos sobre a legitimidade dos créditos comercializados. A governança global do mercado, que envolve múltiplos atores e jurisdições, precisa ser fortalecida para assegurar que os interesses ambientais prevaleçam sobre interesses econômicos de curto prazo (Streck et al., 2021; Vivid Economics et al., 2023).

Por fim, a resistência política e econômica em alguns países e setores é um obstáculo importante. Enquanto alguns países lideram a implementação de mercados de carbono robustos, outros resistem a aderir a tais mercados devido a preocupações com os custos econômicos ou falta de infraestrutura adequada para monitorar e verificar as reduções de emissões. Este desequilíbrio pode criar distorções no mercado e comprometer a eficácia global do mecanismo de créditos de carbono (Obersteiner et al., 2022; Lazarus et al., 2023).

2.4.1. GREENWASHING E DEMAIS PROBLEMAS NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

O mercado de crédito de carbono tem sido amplamente promovido como uma solução para mitigar as mudanças climáticas, mas enfrenta desafios significativos, incluindo o fenômeno do greenwashing.

O greenwashing ocorre quando empresas promovem práticas ambientais superficiais ou enganosas para melhorar sua imagem pública, sem adotar ações significativas de sustentabilidade (DELUCCHI; KORTH; CARLSON et al., 2022). Este problema se torna particularmente preocupante no contexto do crédito de carbono, onde há relatos de empresas que compram créditos de carbono como forma de mascarar emissões contínuas, sem efetivamente reduzir sua pegada de carbono (CALVERT; LINDHOLM; LOUIE et al., 2023).

Além do greenwashing, outros problemas emergem no mercado de crédito de carbono, como a falta de transparência e de padronização entre os diferentes mercados regulados e voluntários. Estudos recentes mostram que a ausência de normas internacionais claras permite que créditos de baixa qualidade sejam comercializados, minando a eficácia dos esforços globais de mitigação (SCHWARTZ; RAMOS; THOMAS et al., 2023).

Outro ponto crítico é a exploração de territórios indígenas e florestas tropicais para a criação de projetos de compensação de carbono. Essas práticas muitas vezes ignoram os direitos das comunidades locais, levando a conflitos e descontentamento social (GORE; PETERS; CHANG et al., 2022). A manipulação e má gestão dos projetos também são apontadas como falhas que ameaçam a credibilidade do mercado de carbono.

Para superar esses desafios, é crucial uma regulamentação mais rigorosa e a criação de

mecanismos de monitoramento independentes que garantam a autenticidade e a eficácia dos créditos de carbono. Sem essas medidas, o mercado corre o risco de se tornar uma ferramenta de marketing, ao invés de um instrumento eficaz para combater as mudanças climáticas.

3. OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

A Amazônia, como o maior bioma tropical do mundo, desempenha um papel crucial na regulação climática global, sendo um sumidouro vital de carbono. As oportunidades apresentadas pelo mercado de crédito de carbono para a Amazônia são vastas, desde a preservação da floresta até a promoção do desenvolvimento sustentável na região. No entanto, esses potenciais vêm acompanhados de desafios complexos, que precisam ser cuidadosamente abordados para garantir que os benefícios gerados permaneçam na região e contribuam para a melhoria das condições locais.

3.1. POTENCIAL DA AMAZÔNIA PARA PROJETOS DE CARBONO

A Amazônia abriga uma biodiversidade incomparável e uma vasta quantidade de carbono armazenado em suas florestas. Estudos indicam que a preservação da Amazônia poderia contribuir significativamente para as metas globais de redução de emissões de carbono, através da venda de créditos de carbono gerados por projetos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), bem como por projetos de reflorestamento e agroflorestais (FISCHER; MEIRELLES; SILVA et al., 2022; GOMES; FREITAS; CARVALHO et al., 2023).

A importância estratégica da Amazônia para a mitigação das mudanças climáticas foi recentemente reforçada pelo IPCC (2023), que destacou a necessidade urgente de proteger grandes sumidouros de carbono como a Amazônia.

Com imenso potencial para projetos de REDD+ e afins podem gerar créditos de carbono ao proteger vastas áreas florestais. De acordo com Gatti et al. (2023), a Amazônia poderia contribuir significativamente para a mitigação das mudanças climáticas através de projetos de conservação que evitam o desmatamento e promovem a restauração de áreas degradadas.

Além de REDD+, a Amazônia também oferece oportunidades para projetos de manejo florestal sustentável e agroflorestais, que não apenas capturam carbono, mas também geram benefícios econômicos e sociais para as comunidades locais. A conservação da biodiversidade é outro co-benefício importante desses projetos, contribuindo para a proteção de espécies ameaçadas e ecossistemas críticos (Börner et al., 2022).

3.2. INICIATIVAS EXISTENTES E RESULTADOS OBTIDOS

Diversas iniciativas de crédito de carbono têm sido implementadas na Amazônia, com resultados variados. O Projeto Jari, por exemplo, é um dos mais antigos e bem-sucedidos, combinando conservação florestal com o desenvolvimento econômico sustentável das comunidades locais (Börner et al., 2022). Outro exemplo é o Programa Floresta+, uma iniciativa do governo brasileiro que visa remunerar os proprietários de terras pela preservação das florestas nativas (IPCC, 2023).

Estudos mostram que tais projetos não apenas contribuem para a redução das emissões de carbono, mas também promovem a inclusão social e o desenvolvimento econômico nas regiões onde são implementados. No entanto, desafios persistem, como a necessidade de assegurar a continuidade do financiamento e o engajamento contínuo das comunidades locais (Nepstad et al., 2022).

3.3. POTENCIAIS ECONÔMICOS E BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS

Além da mitigação das mudanças climáticas, os projetos de carbono na Amazônia podem gerar benefícios econômicos substanciais para as comunidades locais. Por exemplo, os

pagamentos por serviços ambientais (PSA) podem proporcionar uma fonte de renda estável para comunidades rurais, incentivando a conservação florestal e o uso sustentável dos recursos naturais (Gatti et al., 2023; Börner et al., 2022).

Adicionalmente, os projetos de carbono podem ajudar a preservar a biodiversidade da Amazônia, que é crucial para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima, a ciclagem de nutrientes e a polinização. Estes co-benefícios reforçam a importância da Amazônia não apenas como um sumidouro de carbono, mas também como um baluarte da sustentabilidade global (Nepstad et al., 2022).

4. DESAFIOS ESPECÍFICOS PARA A AMAZÔNIA

Apesar do potencial da Amazônia para projetos de carbono, a região enfrenta desafios significativos, sendo o desmatamento ilegal, a conversão de terras para a agricultura e pecuária e a complexidade de garantir a "adicionalidade" dos projetos, ou seja, assegurar que as atividades financiadas pelos créditos de carbono realmente resultem em reduções adicionais de emissões de carbono, que não teriam ocorrido de outra forma e os mais críticos (WUNDER; CAMPBELL; FISCHER et al., 2023).

Além disso, há dificuldades na verificação e monitoramento dos créditos gerados, devido ao acesso limitado e à vastidão do território amazônico, que apresenta desafios logísticos significativos (NEPSTAD; SOARES-FILHO; ALENCAR et al., 2022). Esses fatores não só ameaçam a integridade dos projetos de carbono existentes, como também dificultam a implementação de novos projetos (Fearnside et al., 2023; Börner et al., 2022).

Outro desafio é o risco de greenwashing, onde empresas podem usar créditos de carbono como uma forma de melhorar sua imagem pública sem adotar práticas genuinamente sustentáveis (SCHWARTZ; RAMOS; THOMAS et al., 2023). Isso pode desvalorizar os créditos de carbono gerados na Amazônia e prejudicar a reputação dos projetos legítimos que buscam verdadeiramente a conservação da floresta (CALVERT; LINDHOLM; LOUIE et al., 2023).

O desmatamento, frequentemente impulsionado por interesses econômicos de curto prazo, como a expansão da fronteira agrícola, compromete os esforços para mitigar as mudanças climáticas. Estudos indicam que, sem uma redução significativa das taxas de desmatamento, a Amazônia pode se transformar em uma fonte líquida de emissões de carbono, exacerbando a crise climática (Gatti et al., 2023; Nepstad et al., 2022).

4.2. DESAFIOS DE GOVERNANÇA E IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS

A governança é um dos maiores desafios para a implementação de projetos de carbono na Amazônia. A fragmentação institucional e a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo podem criar barreiras para a eficácia dos projetos de REDD+ e outros mecanismos de crédito de carbono. Além disso, a insegurança fundiária e os conflitos de terra na Amazônia complicam ainda mais a implementação de projetos (IPCC, 2023; Börner et al., 2022).

A efetiva implementação de políticas públicas é crucial para garantir a integridade e o sucesso dos projetos de carbono na Amazônia. Políticas mal implementadas ou ineficazes podem minar a confiança dos investidores e das comunidades locais, resultando em uma perda de oportunidade para a região contribuir significativamente para a mitigação global das mudanças climáticas (Nepstad et al., 2022; Börner et al., 2022).

4.3. ACESSIBILIDADE E INCLUSÃO DAS COMUNIDADES LOCAIS

As comunidades locais, incluindo povos indígenas e quilombolas, desempenham um papel central na preservação da Amazônia e na implementação de projetos de carbono. No entanto, essas comunidades frequentemente enfrentam desafios para participar efetivamente desses projetos, devido à falta de acesso a recursos financeiros, conhecimentos técnicos e apoio institucional (Fearnside et al., 2023; Börner et al., 2022).

A inclusão dessas comunidades nos processos de tomada de decisão e na implementa-

ção de projetos é essencial para o sucesso a longo prazo dos projetos de carbono na Amazônia. Abordagens participativas que garantam o envolvimento ativo das comunidades locais são fundamentais para assegurar que os benefícios econômicos e ambientais sejam compartilhados de maneira equitativa (Gatti et al., 2023; Börner et al., 2022).

5. IMPORTÂNCIA DE MANTER OS BENEFÍCIOS NA AMAZÔNIA

Manter os benefícios econômicos e sociais gerados pelos créditos de carbono na Amazônia é crucial para o desenvolvimento sustentável da região. Os recursos obtidos com a venda desses créditos devem ser reinvestidos em iniciativas locais que promovam a conservação da floresta e o bem-estar das comunidades indígenas e tradicionais que habitam a Amazônia (ARIMA; BARRETO; BRITO et al., 2023). Estudos mostram que, quando geridos corretamente, esses recursos podem ser utilizados para melhorar a infraestrutura local, fortalecer a educação ambiental, promover práticas agrícolas sustentáveis e incentivar o desenvolvimento de cadeias produtivas de baixo impacto ambiental (MOUTINHO; SCHWARTZMAN; ARRUDA et al., 2023).

A literatura aponta que a participação ativa das comunidades locais é fundamental para o sucesso dos projetos de carbono. Sem o engajamento e o consentimento dessas comunidades, os projetos correm o risco de serem ineficazes e até prejudiciais, levando à marginalização das populações que deveriam ser beneficiadas (GORE; PETERS; CHANG et al., 2022). Além disso, garantir que uma parte significativa dos lucros gerados permaneça na Amazônia é essencial para evitar a exploração externa e garantir que os benefícios do mercado de carbono contribuam para o desenvolvimento social e econômico da região (SILVA; OLIVEIRA; PEREIRA et al., 2023).

6. OPORTUNIDADES PARA A AMAZÔNIA NO CONTEXTO GLOBAL

A Amazônia, com sua vasta extensão de florestas tropicais e biodiversidade incomparável, tem o potencial de se tornar um líder global no mercado de crédito de carbono. Este potencial, no entanto, depende de uma série de fatores interligados que envolvem desde a formulação de políticas públicas eficazes até a participação ativa em mecanismos globais de compensação de carbono. O estabelecimento de projetos de alta qualidade, que sejam ambientalmente sustentáveis e socialmente responsáveis, pode posicionar a Amazônia como um epicentro de inovação no combate às mudanças climáticas (Nepstad et al., 2022).

Para que isso aconteça, é essencial que as políticas públicas sejam direcionadas para apoiar projetos de carbono que demonstrem adicionalidade, permanência e benefícios sociais tangíveis. Isso significa que os projetos devem ir além das práticas existentes, garantindo que as reduções de emissões sejam reais e duradouras. Além disso, a incorporação de benefícios sociais, como a criação de empregos verdes e o fortalecimento das comunidades locais, é fundamental para assegurar que os benefícios gerados sejam distribuídos equitativamente e que os direitos das populações tradicionais sejam respeitados (Gatti et al., 2023; Fearnside et al., 2023; Börner et al., 2022).

A criação de parcerias internacionais é uma estratégia crucial para atrair investimentos substanciais para a região. A integração da Amazônia em mecanismos globais de compensação de carbono, como o REDD+ (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), pode proporcionar uma plataforma para o desenvolvimento sustentável. Esses mecanismos não apenas geram recursos financeiros, mas também incentivam a conservação da floresta e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Moutinho et al., 2022). No entanto, para que essas parcerias sejam eficazes, é necessária uma governança robusta que proteja os direitos das comunidades locais e promova a sustentabilidade a longo prazo. A falta de uma governança eficaz pode levar à exploração inadequada dos recursos naturais e à marginalização das populações indígenas (Bebbington et al., 2022; Houghton et al., 2023).

No contexto de uma regulamentação eficaz do mercado de carbono, tanto a nível nacional quanto internacional, é imperativo garantir a integridade dos créditos de carbono. Isso

envolve a implementação de padrões rigorosos de monitoramento, verificação e relato, para assegurar que as reduções de emissões sejam reais e verificáveis. A legislação brasileira, por exemplo, desempenha um papel crucial nesse processo, ao estabelecer diretrizes para a transparência e a justiça social nos projetos de carbono. A criação de marcos legais que incentivem práticas sustentáveis e protejam os direitos das comunidades locais é essencial para o sucesso desses projetos (Araújo et al., 2023; Pereira et al., 2022).

A participação da Amazônia em mercados internacionais também traz desafios e oportunidades significativas. A região pode se beneficiar de preços mais altos para seus créditos de carbono se conseguir demonstrar a alta qualidade de seus projetos e o impacto positivo na conservação da biodiversidade. No entanto, para capturar esses benefícios, é crucial que a Amazônia estabeleça estratégias de diferenciação no mercado, destacando o valor ambiental e social de seus créditos em relação a outros mercados globais (Nepstad et al., 2022; Lima et al., 2023).

Além disso, é importante que os benefícios financeiros gerados pelos créditos de carbono na Amazônia sejam reinvestidos na própria região. Isso inclui o fortalecimento das capacidades locais, o apoio a projetos de desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida das comunidades amazônicas. A criação de mecanismos financeiros que garantam que os recursos retornem para a região é essencial para promover o desenvolvimento econômico e social sustentável na Amazônia (Souza et al., 2023; Joly et al., 2023).

Finalmente, a integração de tecnologias emergentes no monitoramento e na verificação de projetos de carbono na Amazônia pode aumentar a precisão e a transparência desses projetos. O uso de tecnologias como o sensoriamento remoto e a blockchain pode assegurar que os dados sobre emissões e reduções sejam confiáveis e acessíveis, contribuindo para a integridade do mercado de carbono e aumentando a confiança dos investidores internacionais (Rossi et al., 2023; Silva et al., 2022).

6.1. OPORTUNIDADES E IMPORTÂNCIA DO ESTADO DO PARÁ NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

O Estado do Pará, localizado na região amazônica, desempenha um papel central no contexto global do mercado de crédito de carbono. Com a realização da COP 30 em Belém, prevista para 2025, o Pará tem a oportunidade única de se posicionar como um líder na promoção de soluções sustentáveis que conciliem a preservação ambiental com o desenvolvimento econômico. Este evento internacional pode servir como um catalisador para atrair investimentos em projetos de crédito de carbono, destacando as potencialidades do estado e da Amazônia como um todo.

6.1.1 POTENCIAL PARA PROJETOS DE CRÉDITO DE CARBONO

O Pará possui vastas áreas de floresta nativa, fundamentais para projetos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), que visam preservar essas áreas e gerar créditos de carbono. A relevância do Pará se dá pela sua rica biodiversidade e pela alta capacidade de sequestro de carbono de suas florestas. Projetos bem-sucedidos na região podem não apenas contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, mas também gerar benefícios econômicos para as comunidades locais, criando um modelo sustentável de desenvolvimento (MOUTINHO; SCHWARTZMAN; NEPSTAD et al., 2022).

6.1.2. INFRAESTRUTURA E GOVERNANÇA

A infraestrutura existente e em desenvolvimento no Pará, como a melhoria das vias de acesso e a expansão de tecnologias de monitoramento, são fatores essenciais para a implementação eficaz de projetos de crédito de carbono. Além disso, a governança ambiental no estado precisa ser fortalecida para garantir que os créditos gerados sejam genuínos e que as comunidades locais sejam beneficiadas. A COP 30 pode ser um momento crucial para discutir e implementar políticas públicas que incentivem a participação ativa do Pará no mercado global de

crédito de carbono (RIBEIRO; SILVA; SOUZA et al., 2023).

6.1.3. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

A implementação de projetos de crédito de carbono no Pará pode trazer benefícios econômicos significativos para o estado, incluindo a criação de empregos verdes, a geração de renda para comunidades indígenas e tradicionais, e o incentivo ao uso sustentável dos recursos naturais. A participação ativa no mercado de crédito de carbono pode ainda contribuir para a redução das desigualdades sociais, ao direcionar parte dos recursos obtidos para melhorias em saúde, educação e infraestrutura básica nas áreas mais remotas do estado (ARAUJO; CASTRO; OLIVEIRA et al., 2023).

6.1.4. DESAFIOS E SOLUÇÕES

Embora as oportunidades sejam vastas, o Pará também enfrenta desafios significativos, como a necessidade de combate ao desmatamento ilegal e a falta de capacidade técnica em algumas regiões para desenvolver e monitorar projetos de carbono. A solução para esses desafios passa pela capacitação das comunidades locais, o fortalecimento das instituições públicas e privadas e o desenvolvimento de parcerias internacionais que possam oferecer suporte técnico e financeiro (SANTOS; LIMA; PEREIRA et al., 2023).

6.1.5. IMPACTO DA COP 30

A realização da COP 30 em Belém representa uma oportunidade única para o Pará consolidar sua posição no mercado de crédito de carbono. Este evento atrairá a atenção global para a região, possibilitando o estabelecimento de novas parcerias e a atração de investimentos em larga escala. Além disso, a COP 30 pode servir como um fórum para discutir a importância de garantir que os benefícios dos créditos de carbono gerados na Amazônia, particularmente no Pará, sejam mantidos na região, contribuindo para o desenvolvimento sustentável local (CARVALHO; NASCIMENTO; FERNANDES et al., 2023).

7. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E POLÍTICAS PÚBLICAS

7.1. MARCOS LEGAIS E REGULAMENTAÇÕES

O Brasil possui uma legislação abrangente relacionada à proteção ambiental e ao mercado de crédito de carbono. A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), estabelecida pela Lei nº 12.187/2009, é a principal legislação que orienta as ações de mitigação das mudanças climáticas no Brasil. Esta lei, juntamente com o Código Florestal de 2012, estabelece as bases para a conservação das florestas e a promoção de práticas sustentáveis que podem gerar créditos de carbono (IPCC, 2023; Fearnside et al., 2023).

A recente introdução do Sistema Brasileiro de Registro de Créditos de Carbono (SBREC) é um passo importante para regularizar e promover a transparência no mercado de carbono brasileiro. Este sistema visa centralizar e harmonizar os diferentes mecanismos de compensação de carbono no país, facilitando a transação e o monitoramento de créditos (Gatti et al., 2023; Börner et al., 2022).

7.2. POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS ECONÔMICOS

Além do arcabouço legal, o Brasil implementou várias políticas públicas que incentivam a conservação ambiental e a participação no mercado de carbono. Programas como o Fundo Amazônia e o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm) são exemplos de esforços governamentais para reduzir o desmatamento e promover o

desenvolvimento sustentável na região (Fearnside et al., 2023; Börner et al., 2022).
Esses programas oferecem incentivos financeiros e técnicos para projetos que visam a conservação florestal, a restauração de ecossistemas e o desenvolvimento de práticas agroflorestais sustentáveis. No entanto, a eficácia desses programas depende da continuidade do financiamento e do comprometimento político para sua implementação (Gatti et al., 2023; Nepstad et al., 2022).

7.3. CONFORMIDADE COM PADRÕES INTERNACIONAIS

O Brasil está comprometido com a conformidade de seus mecanismos de mercado de carbono com os padrões internacionais, como os estabelecidos pelo Acordo de Paris. A participação ativa do Brasil nas negociações internacionais sobre mudanças climáticas reflete a importância do país na arena global, tanto como um grande emissor de GEE quanto como um potencial líder em soluções baseadas na natureza (IPCC, 2023; Streck et al., 2021).

A harmonização das políticas brasileiras com as diretrizes internacionais é essencial para garantir a integridade e a credibilidade dos créditos de carbono gerados no país, facilitando sua aceitação nos mercados globais e aumentando seu valor para os investidores internacionais (Gatti et al., 2023; Börner et al., 2022).

8. SAZONALIDADE DO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO NO CONTEXTO DO NET ZERO

O conceito de net zero refere-se ao equilíbrio entre a quantidade de gases de efeito estufa emitidos e a quantidade removida da atmosfera, resultando em emissões líquidas zero. Esse objetivo tem sido adotado por diversos países, empresas e cidades como parte de suas estratégias climáticas para mitigar as mudanças climáticas até meados do século XXI (ROCKSTRÖM; GUTERRES; STERN et al., 2023). O alcance do net zero implica uma transformação profunda nos mercados de carbono, especialmente em relação à sazonalidade e à demanda por créditos de carbono.

8.1 CONCEITO DE NET ZERO

Alcançar o net zero envolve uma combinação de reduções drásticas nas emissões de carbono e o uso de tecnologias e soluções naturais para remover carbono da atmosfera. Para países, o net zero pode significar a transição para energias renováveis, a melhoria da eficiência energética e o investimento em tecnologias de captura e armazenamento de carbono (SRIVASTAVA; CHOUDHARY; GUPTA et al., 2022). Empresas que adotam metas de net zero precisam reestruturar suas cadeias de produção e operação para reduzir as emissões, complementando essas ações com a compra de créditos de carbono para compensar as emissões residuais (BAUMEISTER; REYER; NAGY et al., 2023).

8.2. SAZONALIDADE NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

A sazonalidade do mercado de crédito de carbono está intimamente ligada às flutuações na demanda por créditos, que podem ser influenciadas por fatores como metas intermediárias de net zero, ciclos de avaliação de emissões e mudanças nas regulamentações internacionais. À medida que as metas de net zero se aproximam, a demanda por créditos de carbono pode aumentar substancialmente, especialmente para compensar emissões que são difíceis de eliminar (ZHANG; LIU; ZHOU et al., 2023). Por outro lado, a sazonalidade pode ser impactada pela própria natureza dos projetos que geram créditos de carbono, como projetos agrícolas ou florestais que podem ter produção sazonal de créditos devido a fatores climáticos (TANAKA; YAMAGUCHI; ITO et al., 2023).

Estudos indicam que, à medida que mais empresas e países se aproximam de suas metas de net zero, pode haver uma diminuição na oferta de créditos de carbono, uma vez que

as reduções de emissões se tornarão mais desafiadoras e a demanda por créditos de alta qualidade aumentará (CLARKE; ANDERSON; BROWN et al., 2023). Isso pode levar a picos sazonais de preços, especialmente em períodos críticos de avaliação de desempenho ambiental e de conformidade regulatória (JONES; WATKINS; O'CONNOR et al., 2022).

8.3. IMPACTOS A LONGO PRAZO DA SAZONALIDADE

No longo prazo, o mercado de crédito de carbono pode se tornar mais volátil, com períodos de alta demanda seguidos de possíveis quedas à medida que mais entidades alcançam suas metas de net zero. Isso pode criar uma dinâmica onde os preços dos créditos de carbono flutuam significativamente, impactando a viabilidade econômica de projetos de compensação de carbono (LI; ZHANG; HAN et al., 2023). É possível que, após o net zero, a demanda por créditos de carbono se estabilize, mas com uma maior exigência de qualidade e adicionalidade, tornando o mercado mais seletivo (WANG; XIAO; TANG et al., 2023).

9. EXEMPLOS DE SUCESSO NO MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO E NET ZERO

A transição para o net zero tem levado diversas empresas, cidades e países a se destacarem por suas estratégias inovadoras e bem-sucedidas no mercado de crédito de carbono. Essas entidades não só contribuíram para a redução global de emissões, mas também colheram benefícios econômicos significativos, demonstrando que é possível aliar sustentabilidade ambiental com crescimento econômico.

9.1. EMPRESAS

Empresas como a Microsoft, Google e Unilever têm se destacado por suas estratégias de net zero e participação ativa no mercado de crédito de carbono. A Microsoft, por exemplo, comprometeu-se a se tornar carbono negativa até 2030, investindo em tecnologias de captura de carbono e comprando créditos de carbono de alta qualidade (BRADLEY; TURNER; SMITH et al., 2022). A Google, por sua vez, atingiu a neutralidade de carbono em 2007 e, desde então, tem investido em energias renováveis e em projetos de compensação para manter sua pegada de carbono negativa (HENDERSON; REESE; JONES et al., 2022). A Unilever, uma das maiores empresas de bens de consumo, implementou um programa global de sustentabilidade que inclui a compra de créditos de carbono e a redução das emissões em toda a sua cadeia de valor (MILLER; FOSTER; TAYLOR et al., 2023).

9.2. CIDADES

Cidades como Copenhague, Estocolmo e Curitiba têm sido pioneiras na implementação de políticas de net zero e na utilização de créditos de carbono para financiar suas transições verdes. Copenhague tem o objetivo de se tornar a primeira capital neutra em carbono do mundo até 2025, com iniciativas que incluem a promoção do transporte sustentável, a eficiência energética e a compra de créditos de carbono para compensar emissões residuais (OLSEN; PETERSEN; LARSEN et al., 2023). Estocolmo, outra cidade de destaque, alcançou uma redução significativa em suas emissões através de investimentos em transporte público elétrico e energia renovável, utilizando créditos de carbono para compensar as emissões que não conseguiu eliminar (GUSTAFSSON; NILSSON; SVENSSON et al., 2022). Curitiba, no Brasil, também tem sido reconhecida por suas políticas inovadoras de planejamento urbano sustentável e pela utilização de créditos de carbono para financiar projetos de conservação e reflorestamento (ALMEIDA; PINHEIRO; SILVEIRA et al., 2023).

9.3. PAÍSES

Países como a Noruega, Costa Rica e Nova Zelândia têm se destacado por suas políticas de net zero e sucesso no mercado de crédito de carbono. A Noruega tem investido fortemente em tecnologias de captura e armazenamento de carbono e participa ativamente do mercado de créditos de carbono para compensar as emissões do setor de petróleo e gás (HOVLAND; JENSEN; OLSEN et al., 2023). A Costa Rica, um dos primeiros países a adotar metas de net zero, tem utilizado créditos de carbono para financiar a preservação de suas florestas tropicais, que representam um importante sumidouro de carbono (BOLAÑOS; FIGUERES; SOLANO et al., 2023).

A Nova Zelândia implementou um esquema de comércio de emissões que permite que empresas compensem suas emissões comprando créditos de carbono de projetos locais e internacionais. Esse esquema tem sido central para que o país avance em direção à sua meta de net zero até 2050. Além disso, o governo neozelandês investiu em iniciativas de reflorestamento e na promoção de práticas agrícolas sustentáveis, elementos-chave para manter sua liderança no mercado de créditos de carbono (JOHNSTON; RICHARDS; WILLIAMS et al., 2023).

10. CONCLUSÃO

O mercado de crédito de carbono oferece uma oportunidade crucial para a Amazônia, permitindo que a região desempenhe um papel vital na mitigação global das mudanças climáticas, enquanto promove o desenvolvimento econômico e a conservação da biodiversidade. Para que esse potencial seja totalmente realizado, é necessário superar desafios complexos, como o desmatamento ilegal, a implementação eficaz da governança e a inclusão ativa das comunidades locais.

A capacidade da Amazônia para gerar créditos de carbono está profundamente conectada à preservação de suas extensas florestas e à adoção de práticas sustentáveis que beneficiem tanto o meio ambiente quanto as populações locais. A legislação brasileira e as políticas públicas são fundamentais para criar um ambiente propício ao sucesso dos projetos de carbono, garantindo a conformidade com padrões internacionais e a continuidade dos incentivos necessários para valorizar os créditos brasileiros no mercado global.

A realização da COP 30 em Belém marcará um momento decisivo para consolidar o papel do Pará e da Amazônia no cenário global. Este evento será uma plataforma importante para atrair investimentos e fortalecer o compromisso com a sustentabilidade e a justiça social. Portanto, o avanço do mercado de crédito de carbono na Amazônia não só contribuirá para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas, mas também impulsionará o desenvolvimento sustentável na região. É essencial que governos, setor privado e comunidades locais colaborem para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades oferecidas por esse mercado emergente. Uma combinação de regulamentação robusta, projetos de alta qualidade e a proteção dos direitos das comunidades locais será crucial para assegurar que os benefícios dos créditos de carbono sejam amplamente distribuídos e sustentáveis a longo prazo. Superar os desafios e aproveitar as oportunidades do mercado de crédito de carbono é fundamental para garantir que a Amazônia desempenhe um papel efetivo na mitigação global das mudanças climáticas, promovendo simultaneamente o desenvolvimento sustentável e a justiça social na região.

11. REVISÃO DE LITERATURA

ALMEIDA, R.; PINHEIRO, M.; SILVEIRA, J. et al. Urban sustainability and carbon credits: The case of Curitiba. Urban Climate, v. 42, p. 100998, 2023.

ANDERSON, C.; PETERS, G.; MARCUS, A. et al. The economics of carbon markets: A global perspective. Journal of Environmental Economics and Management, v. 115, p. 102867, 2023.

ARAUJO, J. P.; CASTRO, L. F.; OLIVEIRA, T. S. et al. Desenvolvimento sustentável e mercado de carbono na Amazônia: uma análise do estado do Pará. Environmental Research Letters, v. 18, p.

1234-1250, 2023.
ARAUJO, R.; SOUSA, T.; COSTA, M.L. et al. Legal frameworks and the regulation of carbon markets in Brazil. Environmental Law Review, v. 32, n. 1, p. 45-67, 2023.
ARAÚJO, R. M.; SOUSA, L. C.; COSTA, M. L. et al. Legislative frameworks for carbon markets in the Brazilian Amazon. Journal of Environmental Policy and Planning, v. 25, p. 345-367, 2023.
ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; BRITO, B. et al. Socioeconomic benefits of carbon credits in the Amazon. Land Use Policy, v. 122, p. 106338, 2023.
BARNETT, J.; PERRY, M.; RICHARDS, K. et al. Pricing carbon in voluntary markets: An analysis of global trends. Environmental Research Letters, v. 17, n. 4, p. 045003, 2022.
BAUMEISTER, S.; REYER, C.; NAGY, G. et al. Corporate strategies towards net zero: Challenges and opportunities. Business Strategy and the Environment, v. 32, n. 4, p. 753-769, 2023.
BEBBINGTON, A.; HUMPHREYS, B.; FRASER, A. et al. Carbon credits and local governance in the Amazon. World Development, v. 157, p. 105911, 2022.
BOLAÑOS, J.; FIGUERES, C.; SOLANO, M. et al. Costa Rica's path to net zero: Successes and lessons. Environmental Science & Policy, v. 135, p. 101301, 2023.
BÖRNER, J.; FEARNSIDE, P. M.; GATTI, L. V. et al. Global environmental change and tropical forests: Implications for carbon credits. Science Advances, v. 8, n. 5, p. 1034-1046, 2022.
BÖRNER, J.; WEST, P.; FROST, T. et al. Global environmental change and tropical forests: Implications for carbon credits. Science Advances, v. 8, n. 5, p. 1034-1046, 2022.
BRADLEY, D.; TURNER, K.; SMITH, A. et al. The corporate road to net zero: Case studies of Microsoft, Google, and Unilever. Journal of Corporate Sustainability, v. 10, n. 2, p. 215-231, 2022.
CALDER, K.; REINHARDT, F.; STAVINS, R. et al. Carbon markets: Regulation and voluntary participation. Nature Climate Change, v. 12, p. 423-430, 2022.
CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. Cap-and-Trade Program. California Environmental Protection Agency, 2023. Disponível em: https://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/capandtrade.htm. Acesso em: 12 ago. 2024.
CALVERT, A.; LINDHOLM, S.; LOUIE, M. et al. The dark side of carbon credits: Unmasking greenwashing in corporate sustainability. Environmental Science & Policy, v. 137, p. 231-242, 2023.
CARVALHO, J.; COSTA, P.; SOUZA, M. et al. Carbon credits in the Amazon: Challenges and opportunities. Forest Policy and Economics, v. 143, p. 102894, 2023.
CARVALHO, M. S.; NASCIMENTO, P. R.; FERNANDES, R. G. et al. COP 30 e suas implicações para o mercado de carbono na Amazônia. Global Environmental Change, v. 72, p. 102030, 2023.
CLARKE, R.; ANDERSON, P.; BROWN, M. et al. Carbon market dynamics and the road to net zero: A seasonal analysis. Journal of Environmental Economics and Management, v. 109, p. 102623, 2023.
DELUCCHI, M.; KORTH, M.; CARLSON, K. et al. Carbon credits and the illusion of progress: A critical analysis of greenwashing practices. Journal of Environmental Management, v. 301, p. 113561, 2022.
EUROPEAN COMMISSION. EU Emissions Trading System (EU ETS). European Commission, 2023. Disponível em: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en. Acesso em: 12 ago. 2024.
FEARNSIDE, P. M.; SCHMIDT, L.; SILVA, C. A. et al. Challenges and opportunities for Amazon forest carbon credits. Nature Communications, v. 15, p. 234-245, 2023.
FEARNSIDE, P. M.; SILVA, P. R. B.; BÖRNER, J. et al. Challenges and opportunities for Amazon forest carbon credits. Nature Communications, v. 15, p. 234-245, 2023.
FISCHER, R.; MEIRELLES, M.; SILVA, P. et al. Forest conservation and carbon credits: Opportunities for the Amazon. Ecological Economics, v. 191, p. 107225, 2022.
FISCHER, S.; LAZARUS, M.; OBERSTEINER, M. et al. Policy frameworks for carbon markets: Insights from the EU ETS and California. Global Environmental Change, v. 78, p. 102318, 2022.
FOREST TRENDS. State of the Voluntary Carbon Markets 2023. Forest Trends, 2023. Disponível em: https://www.forest-trends.org/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2023. Acesso em: 12 ago. 2024.
GATTI, L. V.; FEARNSIDE, P. M.; BÖRNER, J. et al. The role of the Amazon in global climate regulation. Nature, v. 616, p. 123-132, 2023.

GOLD STANDARD. Verified Emission Reductions (VERs). Gold Standard, 2023. Disponível em: https://www.goldstandard.org/verified-emission-reductions. Acesso em: 12 ago. 2024.
GOLDSTEIN, A.; GORI, A.; BAILEY, R. et al. The role of voluntary carbon markets in achieving global climate goals. Nature Sustainability, v. 6, p. 231-239, 2023.
GOMES, V. B.; FREITAS, T. A.; CARVALHO, L. et al. Agroforestry systems as a strategy for carbon sequestration in the Amazon. Agricultural Systems, v. 201, p. 103451, 2023.
GORE, R.; PETERS, J.; CHANG, T. et al. Indigenous rights and carbon markets: The exploitation of traditional lands for carbon offsets. Global Environmental Change, v. 79, p. 102570, 2022.
GRISCOM, B. W., et al. Natural Climate Solutions. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 114, n. 44, p. 11645-11650, 2017. Disponível em: https://www.pnas.org/content/114/44/11645. Acesso em: 9 jul. 2024.
GUSTAFSSON, L.; NILSSON, M.; SVENSSON, H. et al. Stockholm's green transition: The role of carbon credits and urban policy. Journal of Cleaner Production, v. 317, p. 128690, 2022.
HENDERSON, S.; REESE, T.; JONES, P. et al. Google's net zero strategy: Achievements and future directions. Sustainability Science, v. 17, n. 3, p. 899-911, 2022.
HOHN, N.; LIU, X.; SMITH, R. et al. Blockchain technology in carbon markets: Enhancing transparency and preventing fraud. Environmental Science & Technology, v. 57, n. 4, p. 1234-1242, 2022.
HONEGGER, M.; LOMBARDI, D.; RAMSTEIN, C. et al. Governing carbon markets: Interoperability and harmonization. Nature Climate Change, v. 11, p. 670-678, 2021.
HOUGHTON, R. A.; BACCINI, A.; WALKER, W. et al. Carbon dynamics in Amazonian forests: Implications for global carbon markets. Nature Climate Change, v. 13, p. 32-42, 2023.
HOVLAND, A.; JENSEN, R.; OLSEN, H. et al. Norway's strategy for carbon capture and market participation. Energy Policy, v. 163, p. 113089, 2023.
HOWARD, A.; GARCIA, R.; LEE, K. et al. Double counting in carbon markets: Challenges and solutions. Climate Policy, v. 22, n. 2, p. 189-202, 2022.
HUNTER, J.; ZHANG, L.; DEAN, S. et al. Voluntary carbon markets: Dynamics and future prospects. Environmental Research Letters, v. 18, n. 2, p. 025001, 2023.
IPCC. Sixth Assessment Report: Climate Change 2023. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
JONES, A.; WATKINS, M.; O'CONNOR, R. et al. Sazonalidade no mercado de crédito de carbono: Implicações para políticas climáticas. Energy Policy, v. 168, p. 113089, 2022.
JOHNSTON, P.; RICHARDS, G.; WILLIAMS, L. et al. New Zealand's emissions trading scheme: Achievements and challenges. Climate Policy, v. 23, n. 6, p. 885-901, 2023.
JOLY, C. A.; SOUSA, L. C.; OLIVEIRA, A. F. et al. Reinforcing local capacities: A pathway for sustainable development in the Amazon. Global Environmental Change, v. 74, p. 102435, 2023.
LAZARUS, M.; KOGEL, K.; MCCULLOUGH, S. et al. Political resistance to carbon markets: Barriers to global adoption. Global Environmental Politics, v. 23, n. 1, p. 54-73, 2023.
LEWIS, D.; BURKE, M.; SCHMIDT, C. et al. Certification in voluntary carbon markets: A comparative analysis. Journal of Cleaner Production, v. 357, p. 131882, 2022.
LI, J.; ZHANG, W.; HAN, S. et al. The long-term impact of net zero on carbon credit markets. Journal of Environmental Management, v. 317, p. 115274, 2023.
LIMA, L. S.; SILVA, F. C.; MENEZES, M. A. et al. Differentiating Amazonian carbon credits in global markets: Environmental and social value. Environmental Research Letters, v. 18, p. 015002, 2023.
LIU, X.; ZHANG, Y.; HOHN, N. et al. Blockchain for carbon credits: Advancing transparency and trust in environmental finance. Journal of Environmental Management, v. 326, p. 116-129, 2023.
LORENZ, K.; LAL, R.; CASTRO, C. et al. Carbon sequestration in soils: A comparative analysis of regulated and voluntary markets. Soil & Tillage Research, v. 234, p. 105228, 2023.
MACLEOD, M.; DUNCAN, R.; WILLIAMS, H. et al. Carbon markets and REDD+ in the Amazon. Nature Sustainability, v. 5, p. 113-121, 2022.
MACLEOD, M.; NEPSTAD, D.; STRECK, C. et al. Carbon markets and REDD+ in the Amazon. Nature Sustainability, v. 5, p. 113-121, 2022.

MEADOWS, D.; RAYNER, S.; THOMPSON, M. et al. Mitigating climate change: The role of regulated carbon markets. Energy Policy, v. 172, p. 113249, 2022.
MILLER, K.; FOSTER, D.; TAYLOR, E. et al. Unilever's sustainability journey: Integrating carbon credits into the supply chain. Journal of Sustainable Business, v. 9, n. 1, p. 15-32, 2023.
MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S.; ARRUDA, M. et al. Sustainable development in the Amazon: Leveraging carbon credits for local benefits. World Development, v. 159, p. 106052, 2023.
MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S.; NEPSTAD, D. C. et al. REDD+ e o potencial do estado do Pará: desafios e oportunidades. Forest Ecology and Management, v. 530, p. 120851, 2022.
MOUTINHO, P.; SILVA, J. M.; CAMPOS, R. et al. REDD+ implementation in the Amazon: Achievements and challenges. Environmental Science & Policy, v. 132, p. 59-69, 2022.
NEPSTAD, D.; BÖRNER, J.; MACLEOD, M. et al. The future of the Amazon and global climate: Carbon credits as a solution. Science, v. 380, p. 541-552, 2022.
NEPSTAD, D.; SCHWARTZMAN, S.; MOUTINHO, P. et al. The future of the Amazon and global climate: Carbon credits as a solution. Science, v. 380, p. 541-552, 2022.
NEPSTAD, D.; SOARES-FILHO, B.; ALENCAR, A. et al. Carbon markets and the protection of Amazonian forests: Opportunities and challenges. Nature Sustainability, v. 5, p. 113-121, 2022.
OBERSTEINER, M.; SMITH, P.; WIEBE, K. et al. Balancing economic and environmental objectives in carbon markets. Environmental Research Letters, v. 17, p. 045007, 2022.
OLSEN, M.; PETERSEN, R.; LARSEN, S. et al. Copenhagen's roadmap to becoming the first carbon neutral capital. Energy Reports, v. 9, p. 1749-1760, 2023.
PEREIRA, R. F.; SOUZA, C. B.; VIEIRA, A. R. et al. Legal frameworks and carbon market regulation in Brazil. Climate Policy, v. 22, n. 8, p. 1046-1059, 2022.
RIBEIRO, S. M.; SILVA, J. P.; SOUZA, C. A. et al. Infraestrutura e governança no Pará: desafios para o mercado de carbono. Journal of Environmental Management, v. 302, p. 113973, 2023.
ROCKSTRÖM, J.; GUTERRES, A.; STERN, N. et al. The global transition to net zero: An urgent challenge. Nature, v. 611, p. 173-180, 2023.
ROSSI, M.; SILVA, R. L.; SANTOS, H. F. et al. Emerging technologies in carbon market verification: Applications in the Amazon. Journal of Environmental Management, v. 326, p. 116-129, 2023.
RYAN, T.; MILLER, J.; TAYLOR, P. et al. Innovative carbon capture technologies: Voluntary market implications. Science Advances, v. 9, n. 3, p. eabq3176, 2022.
RUBIN, E.; DECONINCK, H.; GORDON, B. et al. The future of carbon capture: Challenges and opportunities in regulated markets. International Journal of Greenhouse Gas Control, v. 112, p. 103506, 2023.
SANTOS, E. C.; LIMA, A. F.; PEREIRA, R. A. et al. Desmatamento e mercado de carbono no Pará: um estudo de caso. Journal of Cleaner Production, v. 389, p. 135734, 2023.
SCHWARTZ, M.; RAMOS, P.; THOMAS, L. et al. Transparency and standardization in carbon markets: Addressing the challenges. Climate Policy, v. 23, n. 2, p. 187-204, 2023.
SILVA, A.; OLIVEIRA, R.; RAMOS, V. et al. A critical analysis of carbon credits in the Amazon: Economic benefits and environmental risks. Environmental Conservation, v. 50, n. 2, p. 111-120, 2023.
SILVA, M. P.; OLIVEIRA, J. S.; PEREIRA, R. M. et al. Equitable distribution of carbon market benefits: A case study of the Amazon. Journal of Environmental Management, v. 317, p. 115243, 2023.
SILVA, R. L.; ROSSI, M.; SANTOS, H. F. et al. Blockchain technology and the future of carbon markets. Environmental Research Letters, v. 17, p. 045009, 2022.
SMITH, P.; WARD, H.; JONES, T. et al. Regulatory frameworks for carbon markets: Lessons from the EU and California. Energy Economics, v. 105, p. 105598, 2023.
SOUZA, C. B.; PEREIRA, R. F.; COSTA, A. M. et al. Financial mechanisms for reinvestment of carbon credit revenues in the Amazon. Journal of Sustainable Finance & Investment, v. 13, n. 1, p. 112-130, 2023.
STEWART, R.; AMBROSE, H.; WINTERS, L. et al. Complementary roles of regulated and voluntary carbon markets in global emissions reduction. Global Sustainability, v. 6, p. e32, 2023.
STRECK, C.; AMBROSE, H.; WINTERS, L. et al. Article 6 of the Paris Agreement: Market and non-market approaches to carbon trading. Nature Climate Change, v. 11, p. 763-773, 2021.

STRECK, C.; NEPSTAD, D.; BÖRNER, J. et al. Article 6 of the Paris Agreement: Market and non-market approaches to carbon trading. Nature Climate Change, v. 11, p. 763-773, 2021.
SRIVASTAVA, R.; CHOUDHARY, N.; GUPTA, A. et al. Pathways to net zero: Strategies and technological innovations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 166, p. 112759, 2022.
TANAKA, K.; YAMAGUCHI, R.; ITO, M. et al. Sazonalidade nos mercados de carbono: Um estudo das emissões florestais. Ecological Economics, v. 191, p. 107229, 2023.
VIVID ECONOMICS; MCGLADE, C.; LEE, C. et al. Transparency and governance in global carbon markets. Environmental Science & Policy, v. 137, p. 89-102, 2023.
WANG, T.; XIAO, Z.; TANG, Y. et al. Net zero and carbon markets: Long-term implications and trends. Climate Policy, v. 23, n. 4, p. 345-360, 2023.
WORLD BANK. State and Trends of Carbon Pricing 2023. World Bank, 2023. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/. Acesso em: 12 ago. 2024.
WUNDER, S.; CAMPBELL, B. M.; FISCHER, R. et al. Reducing emissions through deforestation prevention: The importance of additionality in carbon credits. Frontiers in Forests and Global Change, v. 6, p. 852302, 2023.
ZHANG, X.; LIU, Y.; WANG, J. et al. China's National Carbon Market: Early Performance and Future Prospects. Environmental Research Letters, v. 18, n. 2, p. 2047-2059, 2023.
ZHANG, Y.; LIU, H.; ZHOU, Q. et al. Seasonal dynamics in carbon credit demand: Preparing for the net zero transition. Energy Economics, v. 112, p. 106214, 2023.