



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Viabilidade financeira de projetos de
restauração florestal de pequena escala com
foco na geração de créditos de carbono**

Cesar Fleischhut Massa de Campos

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Graduação em Administração de Empresas

Rio de Janeiro, novembro de 2024



Cesar Fleischhut Massa de Campos

**Viabilidade financeira de projetos de restauração florestal
de pequena escala com foco na geração de créditos de
carbono**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: André Cabús Klötzle

Rio de Janeiro
Novembro de 2024

Resumo

Fleischhut, Cesar. Viabilidade financeira de projetos de restauração florestal de pequena escala com foco na geração de créditos de carbono. Rio de Janeiro, 2024. 40p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O estudo aborda a viabilidade financeira de projetos de reflorestamento para a geração de créditos de carbono no Brasil, especialmente em pequenas e médias propriedades, com foco na Mata Atlântica. Observa-se que as práticas predominantes de uso da terra, como desmatamento e agropecuária, são responsáveis por grande parte das emissões nacionais de Gases de Efeito Estufa (GEE). A pesquisa busca avaliar se iniciativas de pequena escala podem ser economicamente sustentáveis, representando uma alternativa ao uso intensivo do solo e promovendo a regeneração de áreas degradadas. Com isso, o estudo visa analisar os custos, rentabilidade e cenários de mercado, proporcionando dados para incentivar projetos sustentáveis e financeiramente viáveis.

Palavras-chave:

Reflorestamento, Créditos de carbono, Viabilidade financeira, Mercado de carbono.

Abstract

Fleischhut, Cesar. Financial viability of small-scale forest restoration projects focused on generating carbon credits. Rio de Janeiro, 2024. 40p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The study addresses the financial viability of reforestation projects for generating carbon credits in Brazil, especially on small and medium-sized properties, focusing on the Atlantic Forest. It is noted that predominant land-use practices, such as deforestation and agriculture, are responsible for a large portion of the country's greenhouse gas emissions. The research seeks to assess whether small-scale initiatives can be economically sustainable, representing an alternative to intensive land use and promoting the regeneration of degraded areas. Thus, the study aims to analyze costs, profitability, and market scenarios, providing data to encourage sustainable and financially viable projects.

Key-words:

Reforestation, Carbon credits, Financial viability, Carbon market.

Sumário

1. Créditos de carbono como solução para minimizar a degradação ambiental	7
1.1. Introdução ao tema e ao problema do estudo	8
1.2. Objetivo do estudo	10
1.3. Objetivos intermediários do estudo	11
1.4. Delimitação e foco do estudo	11
1.5. Relevância do Estudo	12
2. Revisão de literatura	13
2.1. Análise da viabilidade financeira	13
2.2. Créditos de carbono	14
2.3. O MDL e o mercado voluntário de carbono	15
2.4. Certificações para projetos de carbono	16
2.5. Mercado de créditos de carbono no Brasil	18
3. Métodos de coleta e de análise de dados do estudo	20
3.1. Estratégia de pesquisa utilizados	20
3.2. Procedimentos e instrumentos de coleta de dados utilizados no estudo	21
3.3. Formas de tratamento e análise dos dados coletados para o estudo	21
3.4. Limitações do método	22
4. Apresentação e análise dos resultados	23
4.1. Orçamento para aquisição da área	23
4.2. Projeção do investimento em reflorestamento	24
4.3. Projeção das receitas	25
4.3.1. Precificação dos RCE's	25
4.3.2. Capacidade de absorção de carbono por hectare	26
4.4. Custos de certificação	27
4.5. Investimento inicial total e fontes de financiamento	27
4.6. Valor Presente Líquido, TIR e Payback	31
5 Conclusões	36
6. Referências Bibliográficas	38

Lista de Figuras

Figura 1: Participação dos setores no perfil das emissões brasileiras	7
Figura 2: Distribuição dos projetos AFOLU em tamanho de áreas privadas	9
Figura 3: Distribuição da geração de créditos no Brasil por região geográfica e por escopo de atividade	10
Figura 4: Volumes de créditos gerados no MDL e no mercado voluntário no Brasil.	16
Figura 5: Volume de créditos de carbono gerados entre 2017 e 2021 nos mercados internacional (a) e nacional (b)	17
Figura 6: Cotação dos RCE's nos mercados EUA ETS e CCA	25
Figura 7: Evolução das emissões de créditos de carbono no mercado voluntário do Brasil (2002-2021)	37

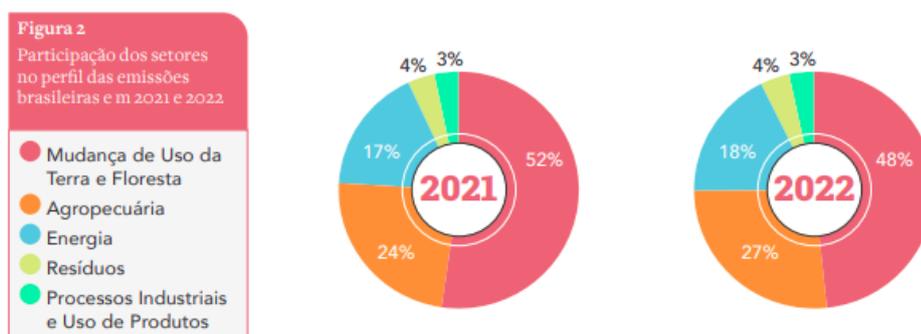
Lista de Tabelas

Tabela 1: Fluxo de caixa do financiamento - Projeto A	29
Tabela 2: Fluxo de caixa do financiamento - Projeto B	30
Tabela 3: Fluxo de caixa e VPL - Projeto A	32
Tabela 4: Fluxo de caixa e VPL - Projeto B	33

1 . Créditos de carbono como solução para minimizar a degradação ambiental

O Brasil e o mundo enfrentam atualmente uma grave crise ambiental, que inclui a ocorrência de eventos climáticos extremos, desertificação, escassez de água, a degradação dos solos e perda de biodiversidade, poluição, entre outros. Todos os problemas explicitados acima estão diretamente relacionados ao modelo de desenvolvimento humano predominante nos últimos séculos. Tal modelo acarretou, entre outros impactos, a uma intensa exploração dos recursos naturais do planeta e, mais recentemente, ao aumento expressivo das emissões de gases de efeito estufa (GEE), colocando em risco a qualidade de vida e a sustentabilidade da civilização humana na Terra. Estima-se que o atual padrão de uso da terra corresponda a cerca de um quarto das emissões globais de GEE, especialmente devido à conversão de habitats, produção de gado e uso de fertilizantes. No Brasil em 2021 e 2022, a mudança do uso da terra (expressão utilizada para se referir ao desmatamento de florestas e áreas de vegetação nativa) e a agropecuária foram responsáveis, respectivamente, por 76% e 75% das emissões de GEE nacionais, como mostra a Figura a seguir.

Figura 1 - Participação dos setores no perfil das emissões brasileiras



Fonte: Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa, SEEG, 2023

No Brasil, onde o desmatamento e a degradação ambiental têm sido persistentes nas últimas décadas, os créditos de carbono oferecem uma oportunidade econômica para a regeneração de áreas degradadas. Em 2024, somente as pastagens com algum nível de degradação já representavam entre 90 e 100 milhões de hectares, segundo o Ministro da Agricultura, Carlos Fávaro. Para um país de dimensões continentais que possui uma superfície de aproximadamente 850 milhões de hectares, estas áreas de pasto degradado já correspondem a cerca de 11% do território brasileiro. Somente em 2024, mais de 11 milhões de hectares de florestas, áreas agricultáveis e pastagens já foram

perdidos por conta de queimadas criminosas, segundo levantamentos da plataforma MapBiomas. Pesquisas realizadas pelo mesmo portal, indicam que as áreas degradadas já correspondem a 135 milhões de hectares.

A regeneração de áreas degradadas é essencial para manter a saúde do meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos naturais. Quando restauramos essas áreas, contribuimos para a recuperação de serviços ecossistêmicos vitais, que são os benefícios que os ecossistemas oferecem para o bem-estar humano e para a biodiversidade.

Além de ajudar na captura de carbono, a regeneração de áreas degradadas permite o retorno de plantas, animais e microorganismos que são essenciais para a estabilidade e resiliência dos ecossistemas. A cobertura vegetal nativa é essencial para criar habitats para inúmeras espécies, promovendo a preservação da biodiversidade local.

Em áreas degradadas, os solos frequentemente sofrem com a erosão e a perda de nutrientes. A vegetação nativa ajuda a estabilizar o solo, diminuindo a erosão e aumentando a infiltração de água, o que melhora a fertilidade e a capacidade de reter umidade. Conforme exposto acima, a vegetação nativa desempenha um papel crucial na regulação do ciclo hidrológico. As plantas ajudam a infiltrar a água da chuva no solo e, posteriormente, liberam essa água lentamente para os rios e aquíferos, reduzindo o risco de enchentes e garantindo a disponibilidade de água em períodos de seca.

Diante deste cenário cada vez maior de degradação ambiental no Brasil, os créditos de carbono ou RCE's (Reduções Certificadas de Emissão), emergem como uma potencial ferramenta para a mitigação das mudanças climáticas e para a restauração ecológica, especialmente no Brasil, que abriga vastas áreas florestais e uma rica biodiversidade. O sistema de créditos de carbono permite que iniciativas de restauração ambiental e preservação de ecossistemas sejam financiadas, incentivando empresas a compensarem suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao comprar créditos gerados por projetos que promovem a captura de carbono, como o reflorestamento.

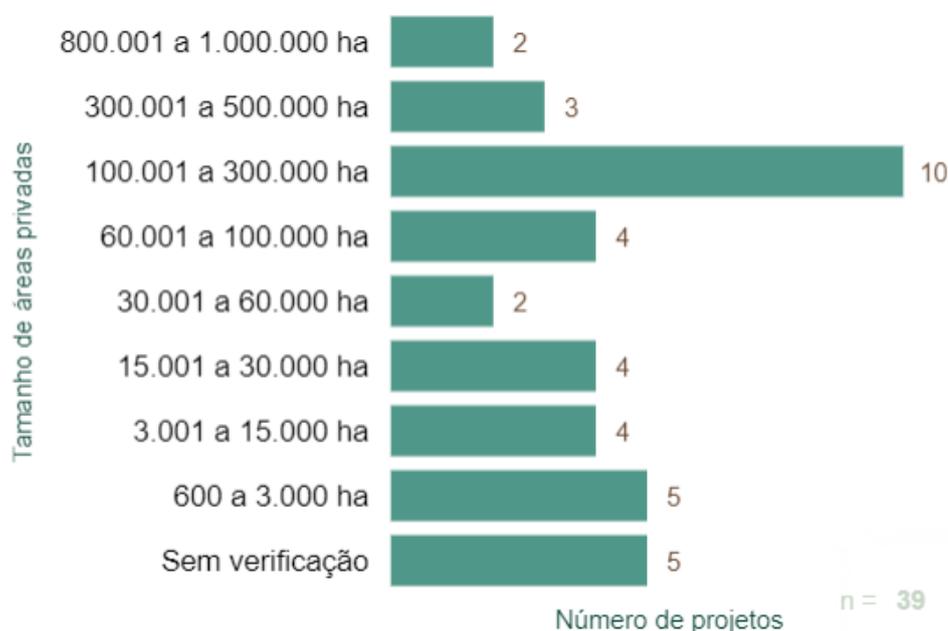
1.1. Introdução ao tema e ao problema do estudo

Segundo Vargas et. al. (2022) o Brasil possui uma capacidade significativa para ser líder em projetos de AFOLU (Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra), devido à sua vasta biodiversidade, extensas florestas tropicais, pela grande necessidade de restauração de ecossistemas e por ser líder global em conhecimento e tecnologia voltados para a restauração ecológica. O país é um dos principais locais para a implementação de projetos que visam a redução de emissões de gases de efeito estufa por meio de práticas sustentáveis na agricultura e na gestão florestal.

Os projetos de AFOLU, em grande maioria, se concentram em propriedades maiores devido a uma combinação de fatores econômicos, técnicos e regulatórios. Propriedades mais extensas costumam ser mais viáveis financeiramente, visto que os custos fixos de desenvolvimento, implementação, certificação e monitoramento do projeto podem ser diluídos em uma área maior.

Além disso, grandes propriedades facilitam a uniformidade nas práticas, tornando a gestão e o controle mais viáveis, diminuindo a complexidade logística. Sendo assim, é nítida a preferência por desenvolver projetos AFOLU em propriedades mais extensas, como mostra a Figura a seguir.

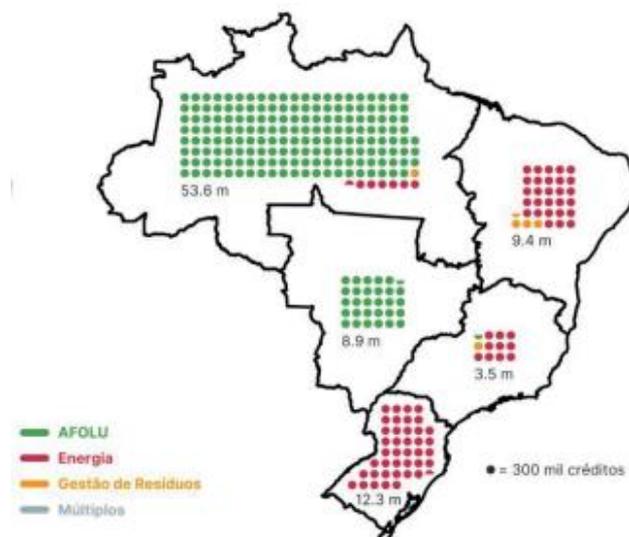
Figura 2 - Distribuição dos projetos AFOLU em tamanho de áreas privadas



Fonte: Boletim Mapeamento de Projetos de Carbono no setor AFOLU no Brasil, Idesam, 2023

Os projetos AFOLU também se concentram, quase exclusivamente, nas regiões Norte e Centro Oeste do país. Segundo o código florestal brasileiro, o território considerado por Amazônia Legal engloba também dois estados do Centro Oeste, Mato Grosso e Tocantins. A legislação específica que rege o uso das terras dentro da área de Amazônia Legal exige que os proprietários rurais reservem 80% da área do terreno como reserva legal, mantendo esta parcela preservada com vegetação nativa. Tal questão legislativa influencia que a maior parte dos projetos AFOLU estejam concentrados em áreas de Amazônia legal, em detrimento de outras localidades do restante do país, que só tem a exigência de manter 20% de reserva legal, possibilitando ao proprietário explorar uma área maior do terreno. Observa-se a seguir a distribuição da geração de créditos no Brasil por região geográfica e por escopo de atividade.

Figura 3 - Distribuição da geração de créditos no Brasil por região geográfica e por escopo de atividade



Fonte: Mercado de Carbono Voluntário no Brasil; Vargas, Delazeri & Ferreira, 2023

Segundo Scardua e Leuzinger (2012), em regiões do bioma mata atlântica, aproximadamente 80% das propriedades rurais possuem uma extensão de 50 hectares ou menos. Deste modo, a hipótese inicial deste trabalho é observar se projetos de restauração florestal de pequena escala com foco na geração de créditos de carbono, podem ser ferramentas para mitigar a degradação ambiental, em áreas como a mata atlântica, que possuem uma grande quantidade de pequenas e médias propriedades.

Então, a pesquisa visa compreender se existe viabilidade financeira para projetos AFOLU de pequena e média escala no Brasil. Em caso de sucesso da comprovação da hipótese, evidencia-se que tais projetos podem representar uma nova fonte de renda para os proprietários, oferecendo a possibilidade de substituição dos tradicionais usos da terra, como a pecuária e a agricultura intensiva, ambas altamente prejudiciais para a conservação dos solos e da biodiversidade nativa.

1.2. Objetivo do estudo

O objetivo desta monografia de TCC é investigar a viabilidade financeira de projetos de reflorestamento, explorando como essas iniciativas podem ser financiadas por meio da venda de créditos de carbono. O estudo busca aprofundar-se nas particularidades econômicas e operacionais dos projetos de reflorestamento, analisando a rentabilidade em função do tempo necessário para que as árvores cresçam e comecem a sequestrar carbono de maneira eficiente.

A monografia pretende fornecer uma visão clara sobre o retorno financeiro esperado desse investimento ambiental, considerando diferentes cenários de mercado, custos operacionais do projeto e custos para a certificação dos projetos, cujos levantamentos constituem as etapas intermediárias do estudo, expostas a seguir.

1.3. Objetivos intermediários do estudo

O primeiro objetivo intermediário em questão é analisar os custos envolvidos no reflorestamento da área. Esta análise irá englobar três técnicas distintas: o plantio direto de mudas, a semeadura direta e o enriquecimento de áreas degradadas. Para todos estes métodos de reflorestamento serão levantados os custos de aquisição dos insumos e ferramentas necessárias, além do custo de mão de obra.

Outro objetivo intermediário é levantar todos os custos de certificação e registro dos RCE's. É imprescindível a validação e o registro das RCEs em uma plataforma específica para possibilitar o processo de venda no mercado.

Esta pesquisa tem como um de seus objetivos intermediários, examinar o funcionamento do mercado de créditos de carbono, no Brasil e no cenário global, averiguando estratégias para a venda desses créditos no mercado internacional com a finalidade de maximizar os recursos obtidos. Por meio do exame dos mercados internacionais, visa-se fixar um preço médio dos créditos no exterior, de modo a determinar o valor obtido pela venda dos RCE's.

Por fim, após o levantamento de todos os custos relacionados ao projeto e as receitas obtidas pela venda dos créditos, tem-se como objetivo intermediário final, estruturar os dados obtidos em um cronograma do projeto, etapa que precede o cálculo do VPL de fato.

1.4. Delimitação e foco do estudo

O presente estudo delimita-se geograficamente a projetos de reflorestamento nacionais, dando preferência a informações e dados de projetos realizados na mata atlântica, cerrado e Amazônia Legal. No entanto, em relação à temática dos mercados e certificações, as delimitações geográficas do estudo abrangem também o continente norte americano e o europeu.

Em relação às delimitações temporais, busca-se obter dados e basear-se em pesquisas e artigos de 2004 até o momento. Visto que, os primeiros créditos de carbono surgiram com a implementação do Protocolo de Quioto, adotado em 1997 e em vigor desde 2005, é nítido que o mercado já passou por mudanças numerosas desde sua criação. Deste modo, o recorte de 20 anos (de 2004 até 2024) escolhido para servir de delimitação temporal, visa garantir a relevância e a conformidade das pesquisas com os conceitos da atualidade, além de trazer referências pioneiras sobre a temática.

1.5. Relevância do Estudo

A principal relevância do estudo surge da possibilidade de aliar o desenvolvimento de novas fontes de renda para pequenos e médios proprietários rurais, com a recuperação de áreas degradadas e improdutivas.

A viabilidade financeira de projetos de reflorestamento e conservação de áreas nativas, em pequena escala, pode atrair pequenos produtores, comunidades rurais e proprietários de terras para o mercado de créditos de carbono, gerando renda, fortalecendo a economia local e consequentemente gerando uma maior inclusão socioeconômica. Além disso, o estudo pode auxiliar também na promoção da justiça climática, distribuindo os benefícios de uma economia verde de forma mais equitativa.

Outro motivo que justifica a relevância do estudo resulta do incentivo à sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. Através da restauração de florestas é possível combater a perda de biodiversidade, a degradação do solo e a escassez de água. O estudo busca incentivar a adoção de práticas sustentáveis, mostrando que projetos de restauração podem ser economicamente viáveis e, ao mesmo tempo, ajudar na recuperação e preservação de ecossistemas locais.

Os projetos de restauração e conservação capazes de gerar créditos de carbono oferecem uma forma de capturar CO₂ da atmosfera, auxiliando diretamente para a redução da concentração de gases de efeito estufa. Este estudo visa enaltecer a capacidade desses projetos de pequena escala, em auxiliar na mitigação das mudanças climáticas. O presente estudo sobre a regeneração de áreas degradadas por meio do financiamento com créditos de carbono, ajuda a estimular o desenvolvimento de políticas de apoio a pequenos proprietários e iniciativas de conservação.

2 . Revisão de literatura

2.1. Análise da viabilidade financeira

Segundo Bordeaux-Rego (2015), um estudo de viabilidade financeira avalia a sustentabilidade econômica de um projeto, considerando custos, benefícios e riscos associados, buscando determinar se o projeto irá obter êxito ou se está fadado ao fracasso. Esse tipo de análise examina se os retornos financeiros potenciais compensam os investimentos e riscos, ajudando a tomar decisões informadas sobre a execução de tal projeto.

Com o intuito de desenvolver um estudo de viabilidade correto e bem organizado, Bordeaux-Rego (2015) evidencia que deve-se atentar aos quatro pilares de análise: Projeção de Receitas, Projeção de Custos, Despesas e Investimentos, Projeção de Fluxos de Caixa e Análise de Indicadores.

A projeção de receitas, para Bordeaux-Rego (2015), visa avaliar a capacidade do negócio de gerar retorno financeiro para o investidor e possibilita a comparação dos resultados com outras opções de investimento. Além disso, é fundamental que as receitas geradas pelo projeto superem seus custos, de modo que o prazo para recuperação do investimento seja aceitável. Essa projeção deve incluir diferentes cenários, nos quais o gestor define variações em preços, produtos e custos, considerando diversos panoramas possíveis.

Já a projeção de custos, despesas e investimentos identifica todos os custos previstos, desde os investimentos iniciais até as despesas operacionais e tributárias. Esses custos são a base para a justificativa das receitas projetadas, tornando essencial o levantamento detalhado de todos os itens que impactam o resultado financeiro. Dessa forma, é possível estimar o lucro a partir da subtração dos custos das receitas previstas.

Finalmente, a projeção de fluxos de caixa, segundo Bordeaux-Rego (2015), consiste na previsão das entradas e saídas de dinheiro, detalhadas dia a dia. Com as informações das etapas iniciais, projeta-se o fluxo de caixa, considerando tanto as receitas como as despesas futuras, bem como o saldo esperado em caixa em um ou dois anos. Esse cálculo permite monitorar a saúde financeira do projeto e detectar precocemente necessidades de capital de giro.

A análise de indicadores auxilia na decisão sobre a viabilidade do investimento, utilizando métricas específicas, como o VPL, a TIR e o Payback, explicados a seguir.

O Valor Presente Líquido (VPL) compara o capital investido e o custo de capital atualizado ao valor presente, identificando se o retorno econômico é positivo. Em resumo, o VPL avalia se o projeto vale mais do que o seu custo. Já a Taxa Interna de Retorno (TIR) calcula a taxa de retorno que zera o Valor Presente Líquido, considerando o valor do dinheiro no tempo, e oferece uma visão do retorno do investimento com base no fluxo de caixa livre. Por fim, o Payback demonstra o tempo necessário para que o investimento seja recuperado pelo investidor ou empresa.

Utilizando-se dessa metodologia de análise dos indicadores e uma análise aprofundada do mercado de créditos de carbono, é possível desenvolver um estudo de viabilidade detalhado para projetos de reflorestamento de pequena e média escala para geração de créditos de carbono.

2.2. Créditos de carbono

Segundo Andrade e Costa (2008), os créditos de carbono são permissões que representam a redução de uma tonelada de dióxido de carbono (ou equivalente em gases de efeito estufa) que foi evitada ou removida da atmosfera. Eles são parte de um sistema de comércio de emissões, onde empresas ou países que emitem gases de efeito estufa podem comprar e vender esses créditos para cumprir suas metas de redução de emissões. O conceito é baseado na ideia de que a poluição pode ser reduzida de forma mais eficiente se as empresas que conseguem reduzir suas emissões a um custo menor possam vender seus créditos para aquelas que enfrentam custos mais altos para fazer o mesmo. Isso cria um incentivo econômico para a redução das emissões.

Andrade e Costa (2008) evidenciam que os créditos de carbono podem ser gerados por projetos que reduzem emissões, como projetos de energia renovável, eficiência energética, ou por projetos que evitam emissões, como os projetos de desmatamento evitados. Os créditos de carbono podem ser comprados e vendidos no mercado de carbono, permitindo que empresas, governos e indivíduos compensem suas emissões de carbono. Assim, ao comprar créditos de carbono, as entidades possam "compensar" suas próprias emissões, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

O Protocolo de Kyoto, realizado em 1997 no Japão, foi um acordo internacional que estabeleceu compromissos para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por países desenvolvidos. Ele introduziu mecanismos de flexibilidade, incluindo o comércio de emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permitiram que países desenvolvidos investissem em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento e, assim, gerassem créditos de carbono.

Andrade e Costa (2008) relatam que em 2001, o MDL foi formalmente implementado em 2001, permitindo que projetos em países em desenvolvimento

gerassem Reduções de Emissões (ER) que poderiam ser convertidas em créditos de carbono. Isso incentivou investimentos em tecnologias limpas e práticas sustentáveis em países em desenvolvimento, ao mesmo tempo que ajudava os países desenvolvidos a cumprir suas metas de redução de emissões.

Segundo Andrade e Costa (2008), desde a implementação do MDL, o mercado de créditos de carbono cresceu significativamente. Em 2001, foram comercializados cerca de 13 milhões de toneladas de CO₂, e esse número aumentou para 65 milhões nos primeiros cinco meses de 2004. O mercado começou a atrair a atenção de investidores e países, embora ainda enfrentassem desafios à implementação e à regulamentação.

Apesar do crescimento inicial, o mercado de carbono enfrentou incertezas, como a volatilidade dos preços e a falta de compromissos firmes por parte de alguns países. Muitos países hospedeiros expressaram preocupações sobre a viabilidade a longo prazo do mercado de carbono e a necessidade de um compromisso sólido dos países compradores.

2.3. O MDL e o mercado voluntário de carbono

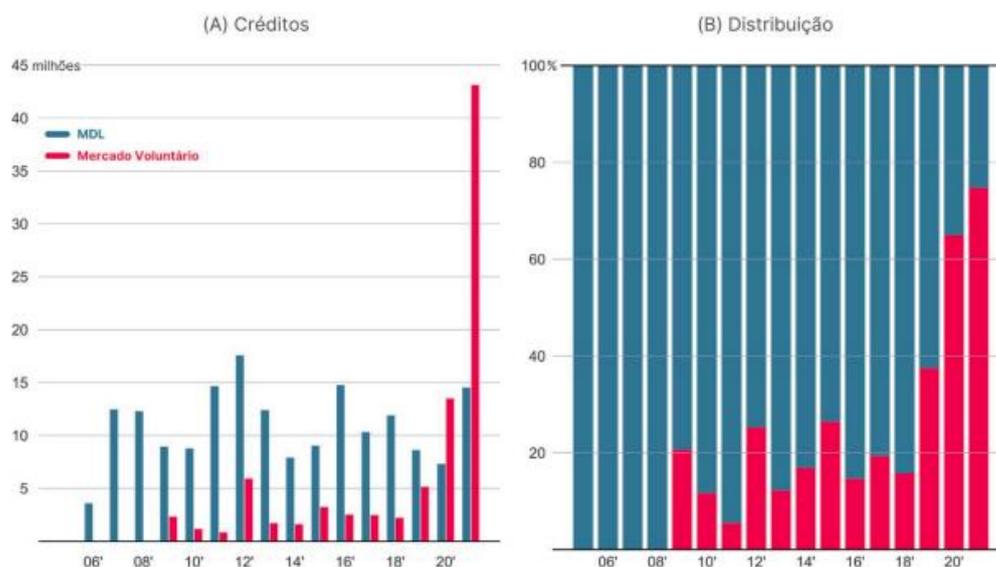
O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o mercado voluntário de carbono são duas abordagens para a geração e comercialização de créditos de carbono, cada uma com suas características e objetivos. O MDL ou CDM (*clean development mechanism*) é um mecanismo regulamentado sob o Protocolo de Quioto de 1997, que permite que países desenvolvidos cumpram suas metas de redução de emissões, através de investimentos em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo possui como principal objetivo auxiliar países desenvolvidos a cumprir suas obrigações de redução de emissões, promovendo ao mesmo tempo o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento. Por outro lado, o mercado voluntário de carbono não é regulamentado por um tratado internacional. Empresas e indivíduos participam voluntariamente, buscando compensar suas emissões de GEE, promovendo assim, uma agenda corporativa de responsabilidade socioambiental, buscando melhorar a percepção dos stakeholders sobre os valores da marca ou corporação. (UNFCCC, 2021)

Os projetos registrados junto ao MDL devem estar obrigatoriamente alinhados com as diretrizes definidas pelo Protocolo de Quioto, que dão ênfase para métodos e tecnologias que buscam reduzir as emissões de GEE, como energia renovável, eficiência energética e captura de metano. Segundo Souza et al. (2014), o Protocolo de Quioto definiu restrições claras quanto às metodologias implementadas para o desenvolvimento dos projetos e aos setores habilitados, resultando na exclusão de alguns participantes e projetos que não atendiam às regras do MDL. Já os projetos do Mercado Voluntário podem ser mais variados e incluir iniciativas como reflorestamento, conservação de florestas, agricultura

sustentável e projetos comunitários. A flexibilidade permite a inclusão de projetos que não se encaixariam nas rigorosas exigências do MDL. Outra questão é que a participação no MDL é restrita a países que ratificaram o Protocolo de Quioto e a empresas que buscam cumprir suas obrigações legais, ou seja, no Brasil não há empresas obrigadas a participar no MDL, visto que, até presente momento o congresso ainda não definiu metas legais para a redução das emissões empresariais. Em contrapartida, o Mercado Voluntário garante que qualquer empresa, instituição ou pessoa física possa participar, independentemente de sua localização ou obrigações legais, o que torna o mercado mais acessível. (UNFCCC, 2021):

Por fim, o volume de créditos gerados pelo MDL sempre foi historicamente bem mais significativo. No entanto, a participação no mercado voluntário tem crescido nos últimos anos, superando o volume do MDL, especialmente em países como o Brasil onde existe um atraso do congresso em regulamentar o mercado de créditos de carbono. (Vargas et. al., 2023)

Figura 4 - Volumes de créditos gerados no MDL e no mercado voluntário no Brasil.



Fonte: Mercado de Carbono Voluntário no Brasil; Vargas, Delazeri & Ferreira, 2023

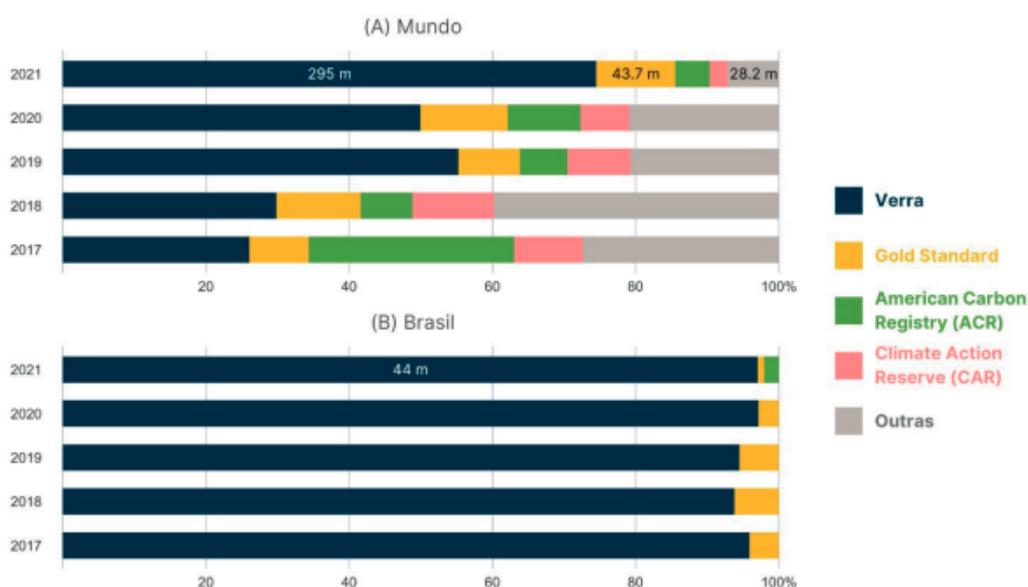
2.4. Certificações para projetos de carbono

A garantia da credibilidade e transparência de projetos de carbono é dada por meio das certificações existentes no mercado, afirmando que de fato tais projetos resultam em uma redução de emissões de gases de efeito estufa e contribuem para o desenvolvimento sustentável. As instituições certificadoras exigem que os projetos obedeçam a metodologias rigorosas, além de auditorias externas eventuais, de modo a garantir segurança para investidores e facilitar o acesso a mercados e financiamento. É inegável a importância das certificações

para um mercado tão recente, que ainda não completou duas décadas em operação. A seguir, são expostas as certificações mais aceitas pelo mercado internacional, conforme apurado e avaliado pelo autor deste estudo.

Uma das certificações mais reconhecidas no mercado voluntário, o VCS (Verified Carbon Standard), elaborado pela ONG Verra, fornece um padrão para a quantificação, monitoramento e verificação de reduções de emissões de GEE. O padrão VCS é amplamente utilizado para verificar e certificar projetos de compensação de carbono. Em 2021, mais de 70% do volume de RCE's gerados em projetos globais utilizavam a certificação da Verra, já no Brasil esse volume era superior a 95%, como mostra a Figura a seguir. (Vargas et. al., 2023)

Figura 5 - Volume de créditos de carbono gerados entre 2017 e 2021 nos mercados internacional (a) e nacional (b)



Fonte: Mercado de Carbono Voluntário no Brasil; Vargas, Delazeri & Ferreira, 2023

A Gold Standard é uma ONG sem fins lucrativos, sediada em Genebra, cujas certificações garantem que os projetos, além de contribuir para a redução das emissões de GEE, auxiliem também, para o desenvolvimento sustentável gerando benefícios sociais para comunidades satélites. (Gold Standard, 2024)

A American Carbon Registry (ACR) foi uma das pioneiras a criar um sistema de registro para documentar e verificar projetos de redução de emissões. Fundada em 1996, a organização é anterior à assinatura do Protocolo de Kyoto de 1997. A American Carbon Registry oferece um padrão para a certificação de

projetos de redução de emissões, cuja abordagem é rigorosa e transparente. (Winrock International, 2024)

Por fim, existem também as certificações Social Carbon e PSA Carbon Flor, sendo estas muito menos relevantes no cenário global. Porém, ambas foram desenvolvidas no Brasil, e portanto, trazem metodologias que se adequam melhor a características dos projetos brasileiros. A PSA é uma das certificações pioneiras no mundo quanto ao pagamento de serviços ambientais e atualmente ainda está sendo testada em uma reserva ambiental da empresa Votorantim. (Reserva Votorantim, 2024)

2.5. Mercado de créditos de carbono no Brasil

O Brasil ostenta um grande potencial para liderar o mercado de carbono global devido à sua capacidade de reflorestamento, matriz energética limpa e pela presença da Amazônia, a maior floresta tropical do mundo, repleta de biodiversidade. No entanto, ainda se enfrentam desafios para corresponder a esse papel de líder mundial em sustentabilidade. O país ainda não possui um mercado estabelecido para a negociação de créditos de carbono, porém este cenário pode mudar em breve, por conta de um projeto de lei em tramitação no Congresso Nacional.

Aprovado em outubro de 2023 pela Comissão de Meio Ambiente do Senado, o projeto de Lei (PL) 412/2022 determina a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) e regulamenta o mercado de carbono no Brasil. O PL 412/2022 seguiu então para a Câmara dos Deputados, onde o projeto está sendo debatido e poderá ser ajustado antes de uma votação final. Esse projeto de lei estabelece um sistema de cap-and-trade, onde as emissões de gases de efeito estufa terão limites anuais, e as empresas que ultrapassarem esses limites precisarão adquirir créditos de carbono ou Cotas Brasileiras de Emissão (CBEs) para compensação. O projeto também prevê a criação dos Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVEs), que serão comercializados para empresas que conseguirem reduzir suas emissões abaixo do limite permitido. (APIS Carbon, 2023)

No Brasil, dada a ausência de um mercado de carbonos, as vendas de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) são realizadas através de leilões, sediados na própria bolsa de valores de São Paulo, a B3. (BMFBovespa, 2012)

As partes geradoras e vendedoras devem cumprir os padrões requeridos para projetos de carbono, elaborados pelo Protocolo de Quioto, garantindo que a captura de CO₂ seja real, enquanto a parte compradora, que geralmente inclui fundos e bancos de investimento, financia a operação. O preço dos créditos de carbono, medidos em toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), é estabelecido com

base na cotação internacional. Os compradores, que posteriormente comercializam esses créditos nos EUA e na Europa, lucram com a diferença ou *spread* entre o preço pago nos leilões nacionais e o preço de venda aos clientes finais nos mercados estrangeiros (BMFBovespa, atual B3, 2012).

3 . Métodos de coleta e de análise de dados do estudo

3.1. Estratégia de pesquisa

A estratégia de investigação deste estudo é pautada por uma abordagem aplicada, com o intuito de fornecer subsídios para a resolução de problemas concretos relacionados ao mercado de créditos de carbono e financiamento de projetos de reflorestamento. Esse tipo de pesquisa aplicada é adequado para temas que demandam um conhecimento específico e direcionado para utilização prática, como é o caso dos créditos de carbono. O estudo busca gerar conhecimentos aplicáveis e oferecer soluções viáveis, o que representa uma abordagem orientada para resultados concretos e inovadores.

Optou-se por uma metodologia descritiva, que visa detalhar e caracterizar o fenômeno estudado, no caso, o mercado de créditos de carbono e suas dinâmicas no contexto ambiental e econômico. Esse método descritivo permite ao pesquisador analisar aspectos estruturais e funcionais, oferecendo uma visão ampla sobre como o mercado opera e quais são suas principais variáveis. Assim, espera-se contribuir para uma compreensão aprofundada do tema, fornecendo um panorama que auxilie na tomada de decisões futuras no setor.

A pesquisa também adota uma metodologia dedutiva, partindo de princípios gerais sobre o mercado de carbono e seus impactos para, em seguida, aplicá-los no contexto específico de um caso de financiamento de reflorestamento. Essa abordagem dedutiva visa estruturar o estudo de forma a validar ou refutar hipóteses prévias, contribuindo para um entendimento mais detalhado sobre a aplicação dos créditos de carbono. A dedução se mostra especialmente relevante para traçar as possíveis implicações práticas das teorias levantadas.

Por fim, a investigação fundamenta-se na triangulação metodológica, ou seja, na combinação de diferentes métodos de coleta e análise de dados, como a pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso. A triangulação permite uma análise mais rica e multifacetada, integrando perspectivas distintas que oferecem ao estudo um embasamento teórico sólido, complementado por uma análise prática e contextualizada. Essa estratégia fortalece a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

3.2. Procedimentos e instrumentos de coleta de dados utilizados no estudo

Os procedimentos de coleta de dados utilizados no estudo incluem a pesquisa bibliográfica e documental, além do estudo de caso, que propicia uma análise profunda e detalhada do tema. A pesquisa bibliográfica envolve o levantamento de teorias, conceitos e modelos que já foram desenvolvidos sobre o mercado de créditos de carbono e sustentabilidade ambiental, com o objetivo de construir uma base teórica sólida para a análise. Esse procedimento permite ao pesquisador identificar lacunas e complementar o conhecimento já existente.

A pesquisa documental complementa a bibliográfica ao incorporar dados oficiais e relatórios de instituições reguladoras, agências de financiamento e entidades de certificação ambiental, entre outros documentos. Essa coleta documental é essencial para entender a regulamentação e as práticas atuais no mercado de créditos de carbono, fornecendo dados primários que enriquecem a análise do estudo. A documentação analisada também inclui contratos, regulamentos e relatórios de sustentabilidade, que permitem uma visão contextualizada sobre o funcionamento real do mercado.

Em relação aos instrumentos de coleta de dados, são utilizadas técnicas de análise documental, como a leitura crítica e a categorização de informações, além de entrevistas com especialistas do setor, quando necessário. Esse conjunto de técnicas permite uma abordagem mais completa e profunda do tema, possibilitando que os dados coletados sejam interpretados de maneira crítica e fundamentada.

3.3. Formas de tratamento e análise dos dados coletados para o estudo

O tratamento dos dados coletados envolve uma análise de conteúdo, em que as informações são extraídas, categorizadas e sistematizadas para que possam ser utilizadas de maneira organizada e coerente. Essa análise de conteúdo permite ao autor identificar padrões, tendências e relações entre as variáveis estudadas, facilitando a compreensão dos dados e auxiliando na formulação de conclusões. A análise de conteúdo se mostra particularmente útil para este estudo, pois permite uma interpretação aprofundada dos documentos analisados.

Em complemento, a análise quantitativa é utilizada para tratar dados estatísticos sobre o mercado de créditos de carbono, como a variação dos preços, volume de transações e quantidade de créditos comercializados. Esse tipo de análise permite ao pesquisador estabelecer relações e correlações entre as

variáveis, oferecendo uma visão numérica que complementa a análise qualitativa. A combinação dessas duas abordagens – qualitativa e quantitativa – enriquece a análise, oferecendo uma visão abrangente e detalhada.

Além disso, utiliza-se o método dedutivo para validar ou refutar as hipóteses formuladas, com base nos dados tratados e analisados. A aplicação do método dedutivo facilita a interpretação dos resultados, permitindo ao pesquisador confirmar ou descartar hipóteses previamente estabelecidas e, assim, oferecer respostas sólidas ao problema de pesquisa. Com essa abordagem, o estudo busca oferecer conclusões fundamentadas e aplicáveis ao contexto prático do mercado de créditos de carbono.

3.4. Limitações do método

Uma das principais limitações deste estudo é a dependência de fontes secundárias, como relatórios, documentos e dados históricos, o que pode resultar em restrições de atualidade e precisão. Embora as informações documentais e bibliográficas sejam relevantes, elas nem sempre refletem as dinâmicas mais recentes do mercado de créditos de carbono. Esse fator limita a capacidade do estudo de captar mudanças rápidas ou emergentes no setor, o que poderia comprometer a validade dos resultados em um contexto de evolução rápida.

Além disso, a pesquisa descritiva tem suas limitações, pois se concentra na descrição e análise de dados preexistentes, sem uma intervenção experimental. Esse enfoque pode restringir a capacidade do estudo de identificar causalidades mais profundas, uma vez que a análise é focada em observações indiretas. Essa abordagem limita o potencial de inferências diretas, tornando o estudo mais interpretativo e exploratório.

Por fim, a utilização de um estudo de caso, apesar de seu valor para análise detalhada, restringe a generalização dos resultados. A escolha de um caso específico limita a abrangência do estudo, uma vez que os resultados e conclusões podem não ser aplicáveis a outros contextos ou projetos de reflorestamento. Essa característica pode limitar a validade externa do estudo, mas também contribui para uma análise mais detalhada e específica do caso em questão, permitindo uma compreensão profunda das particularidades envolvidas.

4 . Apresentação e análise dos resultados

4.1. Orçamento para aquisição da área

Por definição do INCRA, para um imóvel ser caracterizado como uma pequena propriedade rural deverá ter menos de quatro módulos fiscais, que varia de região para região, significando, assim, que a área pode variar de 5 a 110 hectares. No entanto, para efeito da pesquisa aqui realizada, considera-se que pequenas propriedades são aquelas com menos de 110 hectares e propriedades médias aquelas com menos de 600 hectares.

Embora o objetivo desta pesquisa seja avaliar a viabilidade de um projeto de restauração ambiental replicável dentro do bioma mata atlântica, de modo a simplificar o cálculo do investimento inicial de aquisição da propriedade rural, a pesquisa aqui realizada limita-se a dados referentes ao território do estado do Rio de Janeiro.

Segundo dados da FAERJ (Federação da agricultura, pecuária e pesca do estado do Rio de Janeiro) de 2024, o valor médio por hectare da terra nua (VTN) nos municípios do estado varia de R\$ 1.745,00 a R\$ 5.810,00. É importante ressaltar que, embora o VTN seja usado como base para o cálculo do Imposto Territorial Rural (ITR), ele nem sempre representa o valor real de venda da terra, especialmente porque seu valor é geralmente inferior ao preço de mercado praticado, variando conforme a aptidão agrícola e a localização. Um relatório do INCRA sobre análise do custo de obtenção de imóveis rurais de 2019 constatou que a venda de propriedades rurais frequentemente envolve valores significativamente acima do Valor da Terra Nua (VTN), variando de 10% a 50%, dependendo da localização e características do imóvel

Deste modo, considerando as premissas mais pessimistas possíveis, ou seja, considerando o VTN mais alto do estado (R\$ 5.810,00) e a variação

percentual sobre o VTN mais elevada (50%), encontra-se o seguinte **valor por hectare para aquisição de uma propriedade rural:**

$$\text{R\$ } 5.810,00 \times (1 + 0,5) = \text{R\$ } 8.715,00 / \text{ha}$$

4.2. Projeção do investimento em reflorestamento

Segundo Young et al (2016), os custos associados à recuperação florestal por hectare, para a região do estado do Rio de Janeiro, eram de aproximadamente R\$ 11.330,00. Young et al (2016) ressalta que estes valores incluem custos de cercamento, de manutenção por três anos e custos de mão de obra, no entanto, desconsidera os custos de administração e os custos de transporte de insumos. Corrigindo o valor apurado por Young et al (2016), considerando um IGP-M (FGV) acumulado de aproximadamente 78% de dezembro de 2016 até outubro de 2024, tem-se que o preço atualizado para realização de uma restauração florestal é de R\$ 20.175,56.

Entretanto, nota-se que o método de reflorestamento adotado por Young era o de plantio direto de mudas, que garante a sobrevivência de mais de 80% das espécies após 36 meses (Augusta, 2015), porém é um dos métodos de reflorestamento mais caros. Isso ocorre por inúmeros motivos, seja o valor de aquisição das mudas junto a viveiros, ou pela maior necessidade de mão de obra.

Outro método de reflorestamento muito utilizado é a semeadura direta, cujos custos associados são bem menores, visto que, exige muito menos mão de obra e o custo de aquisição de sementes é inferior ao de mudas. A semeadura direta é uma técnica eficiente e de baixo custo, pois permite o uso de sementes nativas em uma abordagem conhecida como "muvuca", onde diversas espécies são semeadas simultaneamente, melhorando a biodiversidade e a resiliência do plantio. Estima-se que o custo médio por hectare para reflorestamentos realizados por semeadura direta seja de R\$ 7.722,00 (Agroicone, 2020, porém os dados são de março de 2019). Assim, corrigindo pela IGP-M acumulado do período de março de 2019 até outubro de 2024, tem-se um valor de R\$ 12.671,94.

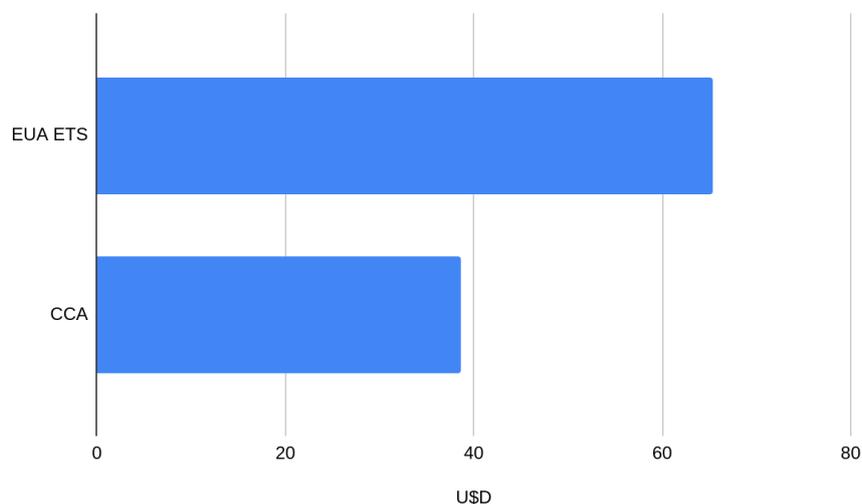
Por fim, julga-se uma solução inteligente aproveitar os pontos positivos dos dois métodos de reflorestamento. Assumindo a premissa de utilizar o método de plantio direto de mudas em 60% da área a ser plantada e aplicando a semeadura direta nos 40% restantes, encontra-se um **custo de restauração florestal por hectare de R\$ 17.174,11**.

4.3. Projeção das Receitas

4.3.1. Precificação dos RCE's

O mercado europeu de carbono ou European Union Allowance Emissions Trading System (EUA ETS), como é referido globalmente, é o maior mercado de carbono do mundo em volumes transacionados, portanto é um bom parâmetro para a precificação de RCE's. No dia 5 de novembro de 2024, os contratos futuros eram negociados a USD 65,42. A Califórnia também possui um dos maiores mercados de comércio de emissões na América do Norte, conhecido como California Cap-and-Trade Program ou California Carbon Allowances (CCA). No dia 5 de novembro de 2024, os contratos futuros do CCA eram cotados a USD 38,59.

Figura 6 - Cotação dos RCE's nos mercados EUA ETS e CCA



Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, atualmente o preço dos créditos de carbono no mercado voluntário são relativamente mais baixos que os praticados em mercados regulados, como os mercados EUA ETS e CCA expostos acima. O valor dos RCE's varia amplamente, dependendo de fatores como o tipo de projeto e o nível

de certificação. O preço médio está entre USD 10 e USD 50 por tonelada de CO₂. Alguns créditos florestais de alta qualidade, que incluem benefícios como a preservação da biodiversidade, podem ser vendidos por até 30 USD/tCO₂ no mercado global. Uma pesquisa realizada pela McKinsey & Company (2021) evidencia que o preço médio de créditos gerados em projetos de restauração florestal (ARR) gira em torno de US\$ 20/tCO₂, em mercados voluntários mundiais.

Assim, o valor utilizado como referência para a análise da viabilidade financeira, será de US\$ 20/tCO₂. No dia 5 de novembro de 2024, a cotação do dólar fechou em R\$ 5,75 e, portanto, o **valor dos RCE's utilizado como referência para a análise da viabilidade financeira será de R\$ 115,00.**

4.3.2. Capacidade de absorção de carbono por hectare

Em projetos de carbono de Redução de Emissões de Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+ ou ARR - Florestamento, Reflorestamento e Revegetação), o parâmetro que mais importa para a geração de RCE's, é a quantidade de carbono sequestrado ou reduzido por hectare. A densidade de carbono sequestrado por hectare define o potencial de crédito de carbono do projeto. Este valor pode variar conforme o tipo de floresta ou vegetação, a idade das árvores, e as condições de solo e clima. Portanto, a extensão do projeto em hectares é importante para escalabilidade, mas sem alta densidade de carbono por hectare, o impacto do projeto pode ser limitado.

Segundo Meira (2017), em um estudo realizado em um reflorestamento misto na mata atlântica de Sergipe, observou-se uma capacidade de armazenar 8,7 toneladas de carbono por hectare, em um projeto de três anos somente. Já Borges et al. (2017), averiguou o valor de 21,24 ton/ha, em um projeto de restauração florestal de 10 anos de idade, no bioma Mata Atlântica, no litoral do Paraná. Por outro lado, Cunha e Camargos (2013), em um projeto de restauração no sul da Bahia com 14 anos de plantio, encontraram um valor de 16,06 ton/ha de carbono estocado no sistema.

Deste modo, fica evidente que quanto mais antiga for a área restaurada, maior é a capacidade do sistema de retirar carbono da atmosfera e sequestrá-lo em sua biomassa. No entanto, tais dados somente mostram quanto de carbono havia retido na área em um determinado momento e não comprovam quanto de tCO₂ foi capturado por ano de projeto. O conceito que representa a quantidade de carbono capturada por hectare a cada ano é chamado de fator de sequestro (tCO₂/ha/ano). O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) sugere a utilização do **fator de sequestro de 25,99 tCO₂/ha/ano para áreas com**

até 20 anos, após esse período a taxa de sequestro cai abruptamente para 7,33 tCO₂/ha/ano.

4.4. Custos de certificação

Segundo dados fornecidos pela certificadora, Gold Standard (2023), observou-se que eles já dispõem de uma modalidade de certificação para projetos de micro e pequena escala. Tais projetos pagam um preço fixo, em contraste com projetos maiores, que pagam de USD 0,15 até USD 0,30 por crédito emitido. O preço para certificar pequenos projetos pela Gold Standard é composto por uma taxa de validação de USD 5.000,00 (pagamento único) e posteriormente uma taxa de verificação anual de USD 2.500,00 (pagamento anual).

Não foi possível encontrar valores praticados por outras certificadoras como Verra, ACR e CAR, e, portanto, supõe-se que a Gold Standard deva praticar uma certa paridade de preços em relação à concorrência. Portanto, considerando a última cotação do dólar (R\$ 5,75 em 05/11/24), os valores que serão utilizados para avaliar a viabilidade são: **uma taxa de validação de R\$ 28.750,00 e uma taxa de verificação anual de R\$ 14.375,00.**

4.5. Investimento inicial total e fontes de financiamento

O capital inicial para o projeto será analisado neste estudo com base em um financiamento bancário. O montante a ser solicitado deverá cobrir todas as despesas previstas para os primeiros quatro anos do projeto: valor da aquisição das terras, gastos iniciais de implementação e custos relacionados ao reflorestamento. Esse período inicial de quatro anos possibilitará o desenvolvimento do projeto e fornecerá o prazo necessário para o início da venda dos RCEs. Para análise serão considerados **dois projetos de escalas distintas, um terá uma área de 100 hectares (configurando uma propriedade rural de**

pequeno porte) e o outro 600 hectares (configurando uma propriedade rural de médio porte).

Projeto A - 100 hectares

Aquisição da área: R\$ 8.715,00/ha x 100 ha = R\$ 871.500,00

Investimento em reflorestamento: R\$ 17.174,11/ha x 100 ha = R\$ 1.717.411,00

Custos de certificação: R\$ 28.750,00 + 3 x R\$ 14.375,00 = R\$ 71.875,00

TOTAL: R\$ 2.660.786,00

Projeto B - 600 hectares

Aquisição da área: R\$ 8.715,00/ha x 600 ha = R\$ 5.229.000,00

Investimento em reflorestamento: R\$ 17.174,11/ha x 600 ha = R\$ 10.304.466,00

Custos de certificação: R\$ 28.750,00 + 3 x R\$ 14.375,00 = R\$ 71.875,00

TOTAL: R\$ 15.605.341,00

Seguem as premissas base para a contratação do financiamento para o **projeto A:**

- Montante a ser contratado: R\$ 2.660.786,00
- Amortização: SAC (Sistema de Amortização Constante)
- Taxa de juros de referência: 12,68% a.a. (1% a.m.)
- Período do empréstimo: 12 anos

Tabela 1 - Fluxo de caixa do financiamento - Projeto A

Período	Juros	Amortização	Pagamento	Saldo devedor
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 2.660.786,00
1	R\$ 337.387,66	R\$ 221.732,17	R\$ 559.119,83	R\$ 2.439.053,83
2	R\$ 309.272,03	R\$ 221.732,17	R\$ 531.004,19	R\$ 2.217.321,67
3	R\$ 281.156,39	R\$ 221.732,17	R\$ 502.888,55	R\$ 1.995.589,50
4	R\$ 253.040,75	R\$ 221.732,17	R\$ 474.772,92	R\$ 1.773.857,33
5	R\$ 224.925,11	R\$ 221.732,17	R\$ 446.657,28	R\$ 1.552.125,17
6	R\$ 196.809,47	R\$ 221.732,17	R\$ 418.541,64	R\$ 1.330.393,00
7	R\$ 168.693,83	R\$ 221.732,17	R\$ 390.426,00	R\$ 1.108.660,83
8	R\$ 140.578,19	R\$ 221.732,17	R\$ 362.310,36	R\$ 886.928,67
9	R\$ 112.462,55	R\$ 221.732,17	R\$ 334.194,72	R\$ 665.196,50
10	R\$ 84.346,92	R\$ 221.732,17	R\$ 306.079,08	R\$ 443.464,33
11	R\$ 56.231,28	R\$ 221.732,17	R\$ 277.963,44	R\$ 221.732,17
12	R\$ 28.115,64	R\$ 221.732,17	R\$ 249.847,81	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Seguem as premissas base para a contratação do financiamento para o **projeto B**:

- Montante a ser contratado: R\$ 15.605.341,00
- Amortização: SAC (Sistema de Amortização Constante)
- Taxa de juros de referência: 12,68% a.a. (1% a.m.)
- Período do empréstimo: 12 anos

Tabela 2 - Fluxo de caixa do financiamento - Projeto B

Período	Juros	Amortização	Pagamento	Saldo devedor
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 15.605.341,00
1	R\$ 1.978.757,24	R\$ 1.300.445,08	R\$ 3.279.202,32	R\$ 14.304.895,92
2	R\$ 1.813.860,80	R\$ 1.300.445,08	R\$ 3.114.305,89	R\$ 13.004.450,83
3	R\$ 1.648.964,37	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.949.409,45	R\$ 11.704.005,75
4	R\$ 1.484.067,93	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.784.513,01	R\$ 10.403.560,67
5	R\$ 1.319.171,49	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.619.616,58	R\$ 9.103.115,58
6	R\$ 1.154.275,06	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.454.720,14	R\$ 7.802.670,50
7	R\$ 989.378,62	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.289.823,70	R\$ 6.502.225,42
8	R\$ 824.482,18	R\$ 1.300.445,08	R\$ 2.124.927,27	R\$ 5.201.780,33
9	R\$ 659.585,75	R\$ 1.300.445,08	R\$ 1.960.030,83	R\$ 3.901.335,25
10	R\$ 494.689,31	R\$ 1.300.445,08	R\$ 1.795.134,39	R\$ 2.600.890,17
11	R\$ 329.792,87	R\$ 1.300.445,08	R\$ 1.630.237,96	R\$ 1.300.445,08
12	R\$ 164.896,44	R\$ 1.300.445,08	R\$ 1.465.341,52	R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os fluxos de caixa dos financiamentos já é possível ver indícios alarmantes da inviabilidade de ambos os projetos. Isso ocorre, pois ambos os projetos possuem parcelas iniciais de pagamento dos financiamentos muito acima da geração de receita. O **projeto A** possui uma área de 100 hectares, capazes de absorver 25,99 tCO₂/ha/ano, ou seja, pode gerar 2.599 créditos por ano. Cada crédito sendo negociado a R\$ 115,00 resulta em uma **receita bruta no primeiro ano de R\$ 298.885,00**, valor que está bem abaixo do primeiro pagamento do financiamento, que é de R\$ 559.119,83. O mesmo ocorre para o **projeto B**, que

exige uma parcela inicial de R\$ 3.279.202,32, porém só possui capacidade para **gerar R\$ 1.793.310,00**.

Outra questão problemática com o financiamento é o longo período até a amortização, que é de 12 anos. Mesmo se os preços de RCE's no mercado internacional estivessem mais elevados, possibilitando o pagamento das primeiras parcelas, um período longo de financiamento significa mais risco para o projeto.

4.6. Valor Presente Líquido, TIR e Payback

A fórmula do valor presente líquido é dada pela seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_t = Fluxos de Caixa;

t = período em que o fluxo de caixa ocorre;

i = taxa de desconto;

n = período;

I = investimento inicial.

Deste modo, considerando o **tempo de vida dos projetos de 20 anos** e uma **taxa de desconto de 16,68% ao ano**, que representa o custo de capital total do projeto de 12,68% a.a. (representado pelo custo da dívida), adicionado a um prêmio de risco de 4 pontos percentuais. A taxa de remuneração do capital pelo risco adicional do projeto foi definida com base em um estudo da Embrapa sobre rentabilidade financeira de um plantio de *Eucalyptus urophylla* S.T. (Embrapa Florestas, 2022).

Tabela 3 - Fluxo de caixa e VPL - Projeto A

Período	Saídas	Entradas	Fluxo de caixa	Valor presente
0	-R\$ 2.660.786,00	R\$ 2.660.786,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1	-R\$ 559.119,83	R\$ 298.885,00	-R\$ 260.234,83	-R\$ 223.032,94
2	-R\$ 531.004,19	R\$ 298.885,00	-R\$ 232.119,19	-R\$ 170.497,57
3	-R\$ 502.888,55	R\$ 298.885,00	-R\$ 204.003,55	-R\$ 128.424,67
4	-R\$ 474.772,92	R\$ 298.885,00	-R\$ 175.887,92	-R\$ 94.896,53
5	-R\$ 446.657,28	R\$ 298.885,00	-R\$ 147.772,28	-R\$ 68.329,91
6	-R\$ 418.541,64	R\$ 298.885,00	-R\$ 119.656,64	-R\$ 47.419,64
7	-R\$ 390.426,00	R\$ 298.885,00	-R\$ 91.541,00	-R\$ 31.091,43
8	-R\$ 362.310,36	R\$ 298.885,00	-R\$ 63.425,36	-R\$ 18.462,55
9	-R\$ 334.194,72	R\$ 298.885,00	-R\$ 35.309,72	-R\$ 8.809,00
10	-R\$ 306.079,08	R\$ 298.885,00	-R\$ 7.194,08	-R\$ 1.538,19
11	-R\$ 277.963,44	R\$ 298.885,00	R\$ 20.921,56	R\$ 3.833,84
12	-R\$ 249.847,81	R\$ 298.885,00	R\$ 49.037,19	R\$ 7.701,38
13		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 40.230,06
14		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 34.478,97
15		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 29.550,02
16		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 25.325,70
17		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 21.705,26
18		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 18.602,38
19		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 15.943,08
20		R\$ 298.885,00	R\$ 298.885,00	R\$ 13.663,93
			Somatório =	-R\$ 581.467,83

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Fluxo de caixa e VPL - Projeto B

Período	Saídas	Entradas	Fluxo de caixa	Valor presente
0	-R\$ 15.605.341,00	R\$ 15.605.341,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1	-R\$ 3.279.202,32	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.485.892,32	-R\$ 1.273.476,45
2	-R\$ 3.114.305,89	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.320.995,89	-R\$ 970.305,80
3	-R\$ 2.949.409,45	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.156.099,45	-R\$ 727.789,75
4	-R\$ 2.784.513,01	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 991.203,01	-R\$ 534.782,18
5	-R\$ 2.619.616,58	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 826.306,58	-R\$ 382.084,23
6	-R\$ 2.454.720,14	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 661.410,14	-R\$ 262.115,27
7	-R\$ 2.289.823,70	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 496.513,70	-R\$ 168.638,33
8	-R\$ 2.124.927,27	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 331.617,27	-R\$ 96.530,77
9	-R\$ 1.960.030,83	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 166.720,83	-R\$ 41.593,18
10	-R\$ 1.795.134,39	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.824,39	-R\$ 390,08
11	-R\$ 1.630.237,96	R\$ 1.793.310,00	R\$ 163.072,04	R\$ 29.882,63
12	-R\$ 1.465.341,52	R\$ 1.793.310,00	R\$ 327.968,48	R\$ 51.508,04
13		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 241.380,35
14		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 206.873,80
15		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 177.300,13
16		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 151.954,18
17		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 130.231,55
18		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 111.614,29
19		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 95.658,46
20		R\$ 1.793.310,00	R\$ 1.793.310,00	R\$ 81.983,60

Período	Saídas	Entradas	Fluxo de caixa	Valor presente
0	-R\$ 15.605.341,00	R\$ 15.605.341,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1	-R\$ 3.279.202,32	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.485.892,32	-R\$ 1.273.476,45
2	-R\$ 3.114.305,89	R\$ 1.793.310,00	-R\$ 1.320.995,89	-R\$ 970.305,80
			Somatório =	-R\$ 3.179.319,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o **projeto A**, observa-se um valor presente líquido negativo de R\$ 581.467,83, o que inviabiliza sua execução. O **projeto B** também é inviável financeiramente, com um VPL negativo de R\$ 3.179.319,00.

A **TIR** (Taxa Interna de Retorno) determina a taxa de desconto do projeto quando o valor presente líquido (VPL) for zero. No caso do **projeto A**, calculou-se uma TIR de **4,97%** ao ano, significando que o projeto, em termos financeiros, está gerando um retorno inferior ao custo da dívida (12,68% ao ano) e muito abaixo da taxa de desconto usada para avaliar o fluxo de caixa (16,68% ao ano). Já no **projeto B**, observou-se uma TIR de **5,61%** ao ano, muito abaixo até mesmo da taxa livre de risco brasileira, a SELIC, que se encontra em 11,25% ao ano. Ambas as TIRs sugerem que os projetos não são viáveis financeiramente.

Por fim, o **payback** de um projeto é o tempo necessário para recuperar o investimento inicial através dos retornos gerados pelo projeto, e, portanto, mede o quão rapidamente um projeto se torna rentável. O **payback descontado** dos projetos A e B **não ocorre dentro dos primeiros 20 anos operacionais**.

Atentando-se aos fluxos de caixa dos projetos, podem-se apontar algumas causas para a inviabilidade financeira, como, por exemplo, o peso excessivo das despesas financeiras (juros e amortizações pagos), que por si só já inviabilizaria o plano de reflorestamento no ano 1, por falta de liquidez (falta de caixa para pagar as despesas financeiras). Outro motivo, que justifica a necessidade de pegar um empréstimo no primeiro momento, é o alto custo para reflorestar áreas degradadas pela ação humana, de R\$ 17.174,11 por hectare.

Os baixos valores pagos por créditos de carbono ARR também são uma justificativa para o fracasso dos projetos. Estimar o preço de R\$ 115,00 para RCE's ARR pode ser considerada uma premissa bem neutra, porém a premissa de que 100% dos créditos seriam comercializados em plenitude para todos os 20 anos de projeto é considerada muito otimista. Por se tratar de um mercado voluntário, existem períodos em que a demanda por RCE's despenca, deixando

as bolsas de carbono inundadas de ofertas e, conseqüentemente, diminuindo ainda mais os preços pagos nesses títulos.

5 . Conclusões

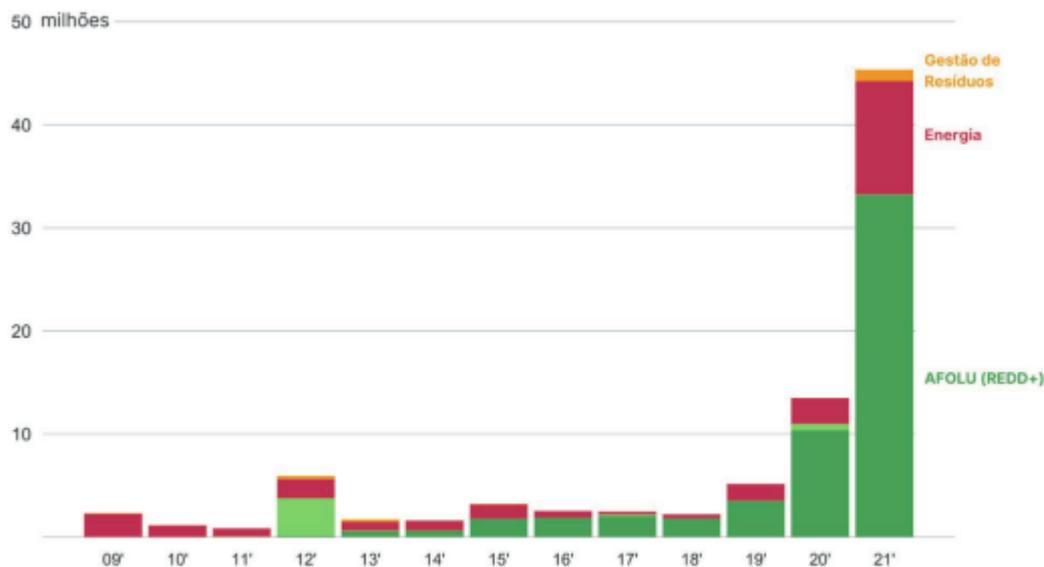
Os créditos de carbono, ou RCE's (Reduções Certificadas de Emissão), representam uma ferramenta crucial para mitigar as mudanças climáticas e promover a restauração ecológica. Especialmente no Brasil, com suas vastas áreas florestais e biodiversidade, o sistema de créditos de carbono oferece uma oportunidade para financiar iniciativas de preservação ambiental, incentivando empresas a compensarem suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao investirem em projetos de captura de carbono, como o reflorestamento.

Entretanto, observa-se que projetos de reflorestamento para venda de créditos ainda oferecem pouca rentabilidade, ou melhor, em certos casos, oferecem rentabilidade negativa, como foi constatado nos projetos A e B. No Brasil, grande parte dos projetos de reflorestamento não visam à lucratividade através da venda de RCE's, mas objetivam a compensação de outras áreas onde ocorreu um supressão de vegetação nativa, ou seja, o grande motivador de reflorestamentos são as obrigações ambientais impostas pela legislação.

Após a análise financeira realizada, fica evidente que, no atual patamar de preço dos créditos de carbono ARR no mercado voluntário, inviabiliza-se projetos de reflorestamento com a intenção de gerar lucro. No entanto, nada impede que empresas que estejam realizando restaurações ambientais mandatórias não possam olhar para a emissão de créditos nestas áreas, como uma forma de reduzir os custos e investimentos despendidos pelo reflorestamento.

Este estudo demonstrou que projetos ARR são muito mais onerosos que projetos REDD+ (evitar desmatamento e degradação ambiental), pois os projetos REDD+ só possuem custos associados à certificação, emissão e de RCE's, além de despesas administrativas. Por este motivo, vemos uma predominância de projetos que buscam evitar o desmatamento e a degradação ambiental em áreas de vegetação preservadas, como na Amazônia. A seguir, é demonstrada essa hegemonia de projetos REDD+ na Amazônia, representados por verde escuro, enquanto os projetos ARR são representados pela cor verde claro.

Figura 7 - Evolução das emissões de créditos de carbono no mercado voluntário do Brasil (2002-2021)



Fonte: Mercado de Carbono Voluntário no Brasil; Vargas, Delazeri & Ferreira, 2023

Por fim, devem-se buscar maneiras de viabilizar projetos de ARR no Brasil, garantindo, assim, uma série de benefícios ambientais relacionados aos serviços ecossistêmicos providos pela vegetação nativa. Um possível meio de estimular projetos ARR ocorreria com a definição do Congresso Nacional sobre o mercado obrigatório *cap and trade* nacional, que iria impor limites de emissão de GEE para as empresas brasileiras, criando uma demanda instantânea por créditos de carbono no país. Outra forma seria por meio de eventuais benefícios fiscais para as empresas que realizassem projetos ARR.

6 . Referências Bibliográficas

AGROICONE. Folder Semeadura Direta: Iniciativa Caminhos da Semente. 2020. Disponível em: <https://agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/04/FolderSemeaduraDiretaIniciativaCaminhosdasemente.pdf>. Acesso em: 12 out 2024.

ANDRADE, José Célio; COSTA, Paulo. Mudança climática, Protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: Desafios à governança ambiental global. Organizações & Sociedade, NPGA/UFBA, v. 15, n. 45, p. 17, ano 2008.

AUGUSTA, M. Análise de Sistemas de Produção em Agrossistemas Tropicais. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131748/1/2015-M.Augusta-CFP-Analise.pdf>. Acesso em: 12 out 2024.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS DE SÃO PAULO. Edital RCE 120612. Disponível em: <https://bvmf.bmfbovespa.com.br/pt-br/download/Edital-RCE-120612.pdf>. Acesso em: 15 set 2024.

BORDEAUX-REGO, Ricardo. Viabilidade econômico-financeira de projetos. São Paulo: Saraiva, 2015.

BORGES, R. A.; BROGES, A. V. P.; MALTAR, E. A.; SCHAFFER, L. H.; ANGELO, A. C.; CARPANEZZI, A.; NEVES, E. J. M.; BRITZ, R. M. Estoque de carbono em área de pastagem em restauração com espécies do bioma Mata Atlântica no Litoral do Paraná. UFPR, 2017. Disponível em: www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/055%20-%20%20ricardo%20aguilar%20borges%20art.pdf

Brasil tem até 100 milhões de hectares de pastagens degradadas, diz Fávaro. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2024/06/13/brasil-tem-ate-100-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-diz-favaro.htm>. Acesso em: 22 out. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. Proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho sobre o Pacto Ecológico Europeu (2019). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0557>. Acesso em: 5 nov. 2024.

CUNHA, E. G. S.; CAMARGOS, V. L. Quantificação de biomassa e estoque de carbono em restauração florestal no Sul da Bahia. In: IV CONEFLO – III SEEFLO, 2013, Vitória da Conquista, BA.

EMBRAPA FLORESTAS. Produção de mudas de espécies florestais nativas: métodos e técnicas. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. (Documentos, n. 368). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GOLD STANDARD. Gold Standard Fee Schedule - September 2023. Disponível

em: https://goldstandard.cdn.prismic.io/goldstandard/ZeyTMHUurf2G3Ocu_GS-fee-schedule-Sept_2023.pdf. Acesso em: 06 nov. 2024.

GOLD STANDARD. Who we are and what drives us. Disponível em: <https://www.goldstandard.org/about>. Acesso em: 04 out. 2024.

INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA – Idesam. Boletim mapeamento de projetos de carbono no setor AFOLU no Brasil: edição nº 01, dezembro de 2023. Manaus: Idesam, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (Incra). Relatório de análise de governança fundiária - 2019. Brasília: Incra, 2019.

INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE BRASIL. Fact sheet ICC Brasil 2022. São Paulo: ICC Brasil, 2022. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/FACT_SHEET_ICCBR_2022_final.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

MEIRA, Anne Caroline Silva. Análise estrutural da vegetação e estimativa do sequestro de carbono em área de reflorestamento misto. 2017. 100 p. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Relatório SEEG: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil – 2023. São Paulo, 2023.

RESERVAS VOTORANTIM. Reservas Votorantim. Disponível em: <https://www.reservasvotorantim.com/>. Acesso em: 4 out. 2024.

RODRIGUEZ, C. R. M. Estimativa do potencial de sequestro de carbono em áreas de Preservação Permanente de Cursos D'Água e topos de morros mediante reflorestamento com espécies nativas no município de São Luiz do Paraitinga. Tese. INPE, São José dos Campos, 2015.

SCARDUA, F; LEUZINGER, M. Senado Federal (Brasil). Relatório sobre o estado do bioma Mata Atlântica. Brasília: Senado Federal, 2012.

SISTEMA FAERJ. VTN 2024 - 11/06/2024. 2024. Disponível em: <http://www.sistemafaerj.com.br/wp-content/uploads/2024/07/VTN-2024-11.06.2024.pdf>. Acesso em: 5 out. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. What is the EU ETS? Bruxelas: European Commission, 2023. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en. Acesso em: 4 out. 2024.

VALOR ECONÔMICO. Brasil pode liderar mercado de carbono no mundo; previsão é que setor movimente US\$ 50 bi até 2030. Disponível em: <https://valor.globo.com/conteudo-de-marca/b3/financas-sustentaveis/noticia/2024/03/06/brasil-pode-liderar-mercado-de-carbono-no-mundo-previsao-e-que-setor-movimente-us-50-bi-ate-2030.ghtml>. Acesso em: 1 out. 2024.

VARGAS, D; DELAZERI, L; FERREIRA, V. OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Mercado de Carbono Voluntário no Brasil. São Paulo: FGV, 2023.

WINROCK INTERNATIONAL. American Carbon Registry (ACR). Disponível em: <https://winrock.org/projects/acr/>. Acesso em: 4 out 2024.

What is the CDM. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2021. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>. Acesso em: 24/10/2024.

YOUNG, C. E. F. et al. Estudos e produção de subsídios técnicos para a construção de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços. Final Report. Rio de Janeiro, Instituto de Economia, UFRJ, 93pp, 2016.