

JOSÉ EDUARDO CARDOSO ATAIDES
BACHAREL EM ADMINISTRAÇÃO

**ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO NA GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE
CARBONO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE (GO)**

RIO VERDE - GO

2024

JOSÉ EDUARDO CARDOSO ATAIDES

**ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO NA GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE
CARBONO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE (GO)**

Trabalho de curso apresentado ao Instituto Federal
Goiano - Campus Rio Verde, a ser utilizado como
requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em
Administração.

Orientador: Prof. Dr. Emival da Cunha Ribeiro

RIO VERDE – GO

2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

A862a Ataídes, José Eduardo Cardoso
Análise do potencial econômico na geração de créditos de carbono em florestas de eucalipto no município de Rio Verde (Go) / José Eduardo Cardoso Ataídes ; orientador Emival da Cunha Ribeiro. -- Rio Verde, 2024.
37 f.

TCC (Bacharelado em Administração) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Mercado de carbono. 2. Mercado voluntário. 3. Mercado regulado. 4. Eucalipto. 5. Goiás. I. Ribeiro, Emival da Cunha, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

JOSÉ EDUARDO CARDOSO ATAIDES

Matrícula:

2019102202930078

Título do trabalho:

ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO NA GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE (GO)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13 / 09 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

RIO VERDE, GO

13 / 09 / 2024



Documento assinado digitalmente
JOSE EDUARDO CARDOSO ATAIDES
Data: 13/09/2024 11:05:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente
EMIVAL DA CUNHA RIBEIRO
Data: 13/09/2024 13:26:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 62/2024 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos **quatro** dias do mês de setembro de 2024 às 19h 45 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelas docentes: Dr. Emival da Cunha Ribeiro (orientador), Dr. Ítalo Jose Bastos Guimarães (membro) e Dr. Jesiel Souza Silva (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Análise do potencial econômico na geração de créditos de carbono em florestas de eucalipto no município de Rio Verde (GO)” do estudante José Eduardo Cardoso Ataides, Matrícula nº 2019102202930078 do Curso de Bacharelado em Administração do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC no formato de banner, houve arguição pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Emival da Cunha Ribeiro

Orientador

Dr. Ítalo Jose Bastos Guimarães

(Assinado Eletronicamente)

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Jesiel Souza Silva

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Jesiel Souza Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/09/2024 12:54:13.
- Italo Jose Bastos Guimaraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/09/2024 11:15:53.
- Emival da Cunha Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/09/2024 11:09:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 633438

Código de Autenticação: cea4ed4427



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantação de eucalipto em Rio Verde (GO).....	23
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Potencial de Geração de Carbono.....	24
Tabela 2- Estimativa de Sequestro de Carbono e Geração de Créditos em Rio Verde (GO).....	26
Tabela 3- Cenários de Custo e Receita em Rio Verde (GO).....	27
Tabela 4- Análise Econômica da Geração de Créditos de Carbono em Rio Verde (GO).....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Receita estimada por área plantada.....	29
Gráfico 2 - Sequestro de Carbono por Área Plantada em Rio Verde (GO).....	30

RESUMO

A presente pesquisa explora o potencial de geração de créditos de carbono através do cultivo de eucalipto no município de Rio Verde (GO) destacando tanto os benefícios econômicos quanto os impactos ambientais associados a essa prática. O objetivo principal do estudo é analisar o potencial de sequestro de carbono das plantações de eucalipto em Rio Verde e avaliar a viabilidade econômica e os impactos ambientais associados à geração de créditos de carbono. A pesquisa foi conduzida através de uma abordagem bibliográfica e a coleta de dados secundários. O estudo revelou que, com uma área plantada de 9.000 hectares, as plantações de eucalipto em Rio Verde poderiam sequestrar aproximadamente 81.000 toneladas de CO₂ por ano. A receita estimada da venda de créditos de carbono para essa área é significativa, demonstrando a viabilidade econômica do projeto. A análise conclui que o cultivo de eucalipto em Rio Verde tem um grande potencial para gerar créditos de carbono e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, oferecendo benefícios econômicos substanciais para a região. No entanto, é necessário adotar práticas de manejo sustentável para minimizar os impactos ambientais negativos, como a perda de biodiversidade e o impacto sobre os recursos hídricos. A implementação de políticas públicas e certificações adequadas pode potencializar os benefícios do projeto e promover um desenvolvimento mais sustentável na região.

Palavras-chave: Mercado de carbono, mercado voluntário, mercado regulado, eucalipto, Goiás.

ABSTRACT

This research explores the potential for generating carbon credits through eucalyptus cultivation in the municipality of Rio Verde (GO) highlighting both the economic benefits and environmental impacts associated with this practice. The main objective of the study is to analyze the carbon sequestration potential of eucalyptus plantations in Rio Verde and to evaluate the economic viability and environmental impacts associated with the generation of carbon credits. The research was conducted through a bibliographic approach and the collection of secondary data. The study revealed that, with a planted area of 9,000 hectares, eucalyptus plantations in Rio Verde could sequester approximately 81,000 tons of CO₂ per year. The estimated revenue from the sale of carbon credits for this area is significant, demonstrating the economic viability of the project. Comparisons with other eucalyptus producing regions showed that Rio Verde has a competitive potential in the carbon market. The analysis concludes that eucalyptus cultivation in Rio Verde has great potential to generate carbon credits and contribute to climate change mitigation, offering substantial economic benefits to the region. However, it is necessary to adopt sustainable management practices to minimize negative environmental impacts, such as biodiversity loss and impact on water resources. The implementation of appropriate public policies and certifications can enhance the benefits of the project and promote more sustainable development in the region.

Keywords: Carbon market, voluntary market, regulated market, eucalyptus, Goiás.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 MERCADO DE CARBONO: ORIGENS, EVOLUÇÃO E TIPOS	11
2.2 CRÉDITOS DE CARBONO: DEFINIÇÃO E FUNCIONAMENTO	14
2.3 BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS AMBIENTAIS DO PLANTIO DE EUCALIPTO	17
3 METODOLOGIA	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O mercado de carbono surgiu como uma resposta às crescentes preocupações globais com as mudanças climáticas e a necessidade urgente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esse mercado possibilita a comercialização de créditos de carbono, que representam a redução ou remoção de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) da atmosfera. A ideia central é que países e empresas possam cumprir suas metas de redução de emissões comprando créditos de projetos que promovem a captura ou redução de GEE (IPAM, 2023).

O mercado de carbono no Brasil está em fase de regulamentação, com propostas de leis em tramitação que visam criar um mercado regulado de créditos de carbono (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE GOIÁS, 2023). Enquanto isso, o mercado voluntário permite que empresas e indivíduos comprem créditos de carbono para compensar suas emissões. Esse mercado oferece uma oportunidade para a geração de receita por meio de projetos de reflorestamento e outras iniciativas sustentáveis. No contexto global, o Acordo de Paris e o Protocolo de Quioto são marcos importantes que reforçam a necessidade de ações para reduzir as emissões de GEE e promover a sustentabilidade.

Segundo a Embrapa (2021), o eucalipto *Eucalyptus* tem sido utilizado em diversos projetos de reflorestamento devido à sua capacidade de crescimento rápido e alta produtividade. Estudos demonstram que o plantio de eucalipto pode contribuir para o sequestro de carbono e a mitigação das mudanças climáticas, além de oferecer benefícios econômicos aos produtores (OLIVEIRA et al., 2021).

A produção de eucalipto no Brasil é uma atividade de grande importância econômica e ambiental, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas e a geração de créditos de carbono. O Brasil possui uma área total de 9 milhões de hectares dedicados ao plantio de florestas, sendo que 6,97 milhões de hectares correspondem ao eucalipto, destacando-se como a espécie predominante no setor florestal do país (AMORIM et al., 2021).

Em 2019, de acordo com os dados mais recentes do IBGE e CNA (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL), Goiás possui uma área significativa destinada ao cultivo de eucalipto, somando aproximadamente 168,6 mil hectares, o que representa 94,4% da área total de silvicultura no estado. Rio Verde se destaca como um dos principais polos de produção, contribuindo substancialmente para essa área plantada, com 9.000

hectares dedicados ao eucalipto. Esse cultivo é essencial não apenas para a economia local, mas também para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, através do sequestro de carbono.

Recentemente, a Câmara dos Deputados (2024) aprovou a exclusão da silvicultura do rol de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais, o que elimina a necessidade de licenciamento ambiental para atividades de plantio de florestas destinadas à extração de celulose, como o eucalipto. Essa mudança legislativa é vista como um impulso para o setor, pois reduz a burocracia e facilita investimentos, mas também gera críticas devido ao potencial impacto ambiental, como a exaustão de recursos hídricos e a redução da biodiversidade nas áreas de monocultura.

A introdução e ampliação do cultivo de eucalipto em áreas como Rio Verde não só contribuem para a economia local, mas também oferecem uma estratégia eficiente de captura de carbono, gerando créditos que podem ser comercializados no mercado de carbono. Proporcionando um duplo benefício: a mitigação das mudanças climáticas e o incentivo econômico para os produtores locais. Com a crescente demanda global por créditos de carbono, explorar o potencial de geração desses créditos em Rio Verde pode posicionar a região como um importante player no mercado de carbono, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico local (EMBRAPA, 2021).

A escolha de Rio Verde para este estudo se justifica pela importância econômica e ambiental da região no contexto do cultivo de eucalipto. Além de contribuir significativamente para a economia local, as plantações de eucalipto em Rio Verde têm o potencial de gerar créditos de carbono, proporcionando uma nova fonte de receita para os produtores e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (EMBRAPA, 2021). A relevância desse estudo reside na necessidade de explorar alternativas sustentáveis que promovam o desenvolvimento econômico ao mesmo tempo em que contribuem para a conservação ambiental. A análise do potencial de créditos de carbono pode fornecer fundamentação para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais voltadas para a sustentabilidade.

O presente estudo tem como objetivo geral analisar o potencial econômico na geração de créditos de carbono em florestas de eucalipto no município de Rio Verde, Goiás. Para atingir esse objetivo, serão avaliados a área plantada de eucalipto em Rio Verde e seu potencial de sequestro de carbono, estimando a quantidade de créditos de carbono que podem ser gerados com base nos

dados de produção de eucalipto. Serão analisados os resultados de Rio Verde verificando a viabilidade econômica do projeto de geração de créditos de carbono.

A análise deste potencial é essencial para responder à questão-problema deste estudo: Como o cultivo de eucalipto em Rio Verde pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas através da geração de créditos de carbono?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MERCADO DE CARBONO: ORIGENS, EVOLUÇÃO E TIPOS

O mercado de carbono surgiu como uma estratégia global para combater as mudanças climáticas, sendo formalmente introduzido com o Protocolo de Quioto, em 1997. Este tratado internacional estabeleceu metas obrigatórias de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para os países desenvolvidos, criando mecanismos de mercado como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL permitiu que países desenvolvidos investissem em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, gerando créditos de carbono que poderiam ser usados para cumprir suas metas de redução, incentivando assim um mercado global de carbono (LIMIRO, 2008; SISTER, 2008).

Ao longo dos anos, o mercado de carbono evoluiu significativamente. No início, o foco estava no mercado regulamentado, especialmente no âmbito do Protocolo de Quioto. No entanto, a crescente conscientização sobre as mudanças climáticas e a necessidade de uma ação mais ampla levaram ao desenvolvimento de mercados voluntários de carbono. Nestes mercados, empresas e indivíduos optam por compensar voluntariamente suas emissões, mesmo sem obrigações legais, contribuindo para a expansão do mercado e aumentando as oportunidades de negócios sustentáveis (SEIFFERT, 2009; LIMIRO, 2008).

De acordo com Sister (2008) o Protocolo introduziu mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permitia que nações desenvolvidas investissem em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, recebendo em troca créditos de carbono que poderiam ser utilizados para cumprir suas metas de redução.

A partir de então, o mercado de carbono evoluiu significativamente, culminando com o Acordo de Paris em 2015. Este acordo, ratificado por quase 200 países, visa manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C, preferencialmente abaixo de 1,5°C, em relação aos níveis pré-industriais. Diferente do Protocolo de Quioto, o Acordo de Paris envolve todos os países e não apenas os desenvolvidos, estabelecendo metas voluntárias e nacionalmente determinadas (IPAM, 2023). Este acordo também enfatizou a importância de mecanismos de mercado para alcançar as metas de redução de emissões, promovendo a continuidade e a expansão do mercado de carbono global (LELIS et al., 2021).

Com o Acordo de Paris, houve uma mudança significativa na abordagem global em relação ao combate às mudanças climáticas, com uma maior ênfase na cooperação internacional e no envolvimento de todos os países, independentemente de seu nível de desenvolvimento. O mercado de carbono passou a ser visto como uma ferramenta essencial para facilitar essa cooperação, permitindo que os países mais desenvolvidos ajudassem os países em desenvolvimento a implementar projetos de redução de emissões. A inclusão de mecanismos de mercado no Acordo de Paris abriu caminho para o desenvolvimento de novas iniciativas e ferramentas para a mitigação das mudanças climáticas (GOBOR et al., 2023).

A evolução do mercado de carbono também foi marcada pelo aumento da conscientização sobre a importância de reduzir as emissões de GEE e pela crescente demanda por soluções sustentáveis por parte de empresas e consumidores. Resultando em um aumento no número de projetos de redução de emissões e na diversificação dos tipos de projetos elegíveis para a geração de créditos de carbono, incluindo iniciativas de reflorestamento, energia renovável, eficiência energética e gestão de resíduos. A expansão do mercado de carbono global também foi acompanhada por um maior rigor na verificação e certificação dos projetos, garantindo a integridade ambiental e a credibilidade dos créditos de carbono gerados (LELIS et al., 2021).

O mercado de carbono pode ser dividido em dois tipos principais: o mercado regulamentado e o mercado voluntário. O mercado regulamentado é aquele imposto por legislações específicas, onde os governos estabelecem limites obrigatórios para as emissões de GEE e criam sistemas de comércio de emissões (cap-and-trade). Exemplos de mercados regulamentados incluem o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) e o sistema de comércio de emissões da Califórnia. No Brasil, a regulamentação do mercado de carbono ainda está em fase de desenvolvimento, com propostas de leis em tramitação no Congresso Nacional que visam criar um mercado regulado de créditos de carbono (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE GOIÁS, 2023).

Esses mercados, tanto regulamentados quanto voluntários, oferecem um mecanismo eficaz para a internalização das externalidades ambientais, permitindo que os custos das emissões de GEE sejam refletidos nos preços de mercado. Incentivando práticas mais sustentáveis e estimulando a inovação em tecnologias limpas, reforçando a importância do mercado de carbono como uma ferramenta na busca pela sustentabilidade global (SEIFFERT, 2009).

O mercado voluntário, por outro lado, é caracterizado pela adesão espontânea de empresas e organizações que desejam neutralizar suas emissões de carbono, independentemente de obrigações legais. Neste mercado, os participantes compram créditos de carbono para compensar suas emissões, promovendo projetos sustentáveis em diversas áreas, como reflorestamento, energias renováveis e eficiência energética (GOBOR et al., 2023). No Brasil, o mercado voluntário tem sido uma alternativa viável para empresas que buscam melhorar sua imagem corporativa e atender às demandas de consumidores cada vez mais conscientes sobre questões ambientais (IPAM, 2023).

O mercado regulamentado oferece uma estrutura mais formal e robusta para a redução de emissões, com metas obrigatórias e um sistema de monitoramento e verificação rigoroso. As empresas que operam em setores cobertos por um mercado regulamentado são obrigadas a reduzir suas emissões ou comprar créditos de carbono para compensar o excesso de emissões. Criando um incentivo financeiro significativo para investir em tecnologias e práticas mais limpas. No entanto, a criação de um mercado regulamentado também envolve desafios, como a definição de limites de emissão justos e a implementação de mecanismos de fiscalização eficazes para garantir a conformidade (LELIS et al., 2021).

Em contraste, o mercado voluntário é mais flexível e permite que uma ampla gama de atores participe na mitigação das mudanças climáticas. As empresas que operam no mercado voluntário não estão sujeitas a limites obrigatórios de emissão, mas optam por compensar voluntariamente suas emissões como parte de suas estratégias de responsabilidade social corporativa. O mercado voluntário também permite uma maior diversidade de projetos, incluindo aqueles que podem não ser elegíveis no mercado regulamentado, como projetos de pequena escala em comunidades locais. No entanto, a falta de regulamentação pode levar a preocupações sobre a integridade e a transparência dos créditos de carbono gerados (GOBOR et al., 2023).

Apesar de o Brasil não possuir um mercado de carbono regulado estabelecido, várias iniciativas estão em andamento para criar um ambiente regulatório favorável. O Projeto de Lei nº 528/2021, em tramitação no Congresso Nacional, propõe a criação de um mercado brasileiro de carbono, com regras claras para a emissão e comercialização de créditos de carbono (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE GOIÁS, 2023), o Projeto de Lei nº 2148/2015 institui a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) para controle, compensações e emissões de créditos, além do controle das empresas poluidoras

(CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023). Enquanto isso, o mercado voluntário continua a crescer, com empresas investindo em projetos de compensação de carbono e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

O desenvolvimento de um mercado regulamentado no Brasil poderia proporcionar uma série de benefícios, incluindo maior transparência, padronização e a possibilidade de atrair investimentos internacionais. Ademais, ajudaria a alinhar o Brasil com as melhores práticas globais e a cumprir seus compromissos climáticos internacionais (GOBOR et al., 2023). A implementação de um mercado regulamentado também poderia estimular a inovação tecnológica e a adoção de práticas de gestão mais eficientes em setores intensivos em carbono, contribuindo para a transição para uma economia de baixo carbono.

No entanto, a criação de um mercado regulamentado no Brasil enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de conciliar interesses diversos e garantir que o mercado seja justo e eficaz. A definição de limites de emissão apropriados, a criação de mecanismos de fiscalização robustos e a integração do mercado brasileiro com os mercados internacionais são questões que precisam ser resolvidas. Vale ressaltar a necessidade de garantir que o mercado regulamentado beneficie todas as partes interessadas, incluindo pequenas e médias empresas e comunidades locais (IPAM, 2023).

Enquanto o mercado regulamentado está em desenvolvimento, o mercado voluntário no Brasil tem mostrado um crescimento significativo, com um número crescente de empresas adotando metas de neutralidade de carbono e investindo em projetos de compensação. Este crescimento é impulsionado pela demanda dos consumidores por produtos e serviços mais sustentáveis, bem como pela crescente pressão dos investidores por práticas empresariais responsáveis. O mercado voluntário oferece uma oportunidade para que as empresas brasileiras se destaquem no cenário global, demonstrando seu compromisso com a sustentabilidade e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (CÂNDIDO et al., 2021).

2.2 CRÉDITOS DE CARBONO: DEFINIÇÃO E FUNCIONAMENTO

Créditos de carbono são certificados que representam a redução ou remoção de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) da atmosfera. Esses créditos são gerados por projetos que promovem a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) através de

diversas atividades, como o reflorestamento, a utilização de energias renováveis, a eficiência energética e a gestão de resíduos. A criação de créditos de carbono é uma forma de monetizar as reduções de emissões, incentivando economicamente os projetos que contribuem para a mitigação das mudanças climáticas (IPAM, 2023).

O funcionamento dos créditos de carbono envolve várias etapas. Primeiramente, um projeto deve ser desenvolvido para reduzir ou capturar emissões de GEE. Este projeto é então submetido a uma metodologia de certificação reconhecida, que valida e verifica a quantidade de emissões reduzidas. Organizações internacionais, como a Verra e o Gold Standard, são algumas das entidades que fornecem essa certificação. Uma vez certificadas, as reduções de emissões são convertidas em créditos de carbono, que podem ser comercializados no mercado de carbono. Cada crédito de carbono representa uma tonelada de CO₂e evitada ou removida da atmosfera (GOBOR et al., 2023).

No mercado de carbono, esses créditos podem ser comprados por empresas ou indivíduos que desejam compensar suas próprias emissões. Por exemplo, uma empresa que excede seu limite de emissões estabelecido em um mercado regulamentado pode comprar créditos de carbono para cumprir suas obrigações. Da mesma forma, empresas e organizações que operam no mercado voluntário podem adquirir créditos para neutralizar suas emissões como parte de suas estratégias de responsabilidade social corporativa. O preço dos créditos de carbono pode variar significativamente, dependendo de fatores como a demanda do mercado, a qualidade do projeto e a localização geográfica (CÂNDIDO et al., 2021).

Os créditos de carbono são fundamentais em incentivar práticas sustentáveis e promover a transição para uma economia de baixo carbono. Projetos de geração de créditos de carbono frequentemente trazem benefícios adicionais, como a proteção da biodiversidade, a melhoria da qualidade do ar e da água, e o apoio ao desenvolvimento econômico local. Por exemplo, projetos de reflorestamento não apenas sequestram carbono, mas também contribuem para a conservação dos ecossistemas e a criação de empregos nas comunidades locais. Da mesma forma, projetos de energias renováveis ajudam a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e promovem a segurança energética (LELIS et al., 2021).

A verificação e a certificação dos projetos são etapas essenciais para garantir a integridade ambiental dos créditos de carbono. Esse processo envolve a medição, a monitoração e a verificação das reduções de emissões, seguindo metodologias rigorosas e padrões internacionais.

A transparência e a credibilidade dos créditos de carbono são fundamentais para a confiança dos investidores e a eficácia do mercado de carbono. As entidades certificadoras realizam auditorias periódicas para assegurar que os projetos estão cumprindo suas metas de redução de emissões e que os créditos emitidos representam reduções reais e adicionais (IPAM, 2023).

Projetos que geram créditos de carbono frequentemente incluem componentes sociais e econômicos que beneficiam as comunidades locais. Por exemplo, projetos de reflorestamento não apenas contribuem para a captura de carbono, mas também melhoram a qualidade do solo, protegem a biodiversidade e criam oportunidades de emprego nas áreas rurais. Esses benefícios adicionais são frequentemente chamados de "co-benefícios" e são altamente valorizados no mercado de carbono, aumentando a atratividade dos projetos para investidores e compradores (SEIFFERT, 2009).

A criação de um mercado de carbono regulamentado no Brasil pode aumentar a eficácia desses projetos, ao garantir que os créditos emitidos sejam resultado de reduções de emissões reais, verificáveis e adicionais. No entanto, a confiança dos investidores e a credibilidade do mercado dependem da transparência e da rigidez dos processos de certificação. A adoção de padrões internacionais, como os estabelecidos pela Verra ou pelo Gold Standard, é fundamental para assegurar que os créditos de carbono negociados no mercado brasileiro estejam em conformidade com as melhores práticas globais (LIMIRO, 2008).

Os créditos de carbono também incentivam a inovação tecnológica e a transição para fontes de energia mais limpas. Por exemplo, empresas que investem em energias renováveis ou em tecnologias de captura e armazenamento de carbono podem gerar créditos de carbono, o que não apenas compensa as emissões de GEE, mas também promove a adoção de práticas mais sustentáveis em toda a cadeia produtiva. A longo prazo, isso contribui para a construção de uma economia de baixo carbono, onde o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental andam de mãos dadas (SISTER, 2008).

No contexto brasileiro, os créditos de carbono têm um grande potencial para contribuir para as metas de redução de emissões do país. Com vastas áreas de florestas e uma rica biodiversidade, o Brasil possui condições favoráveis para o desenvolvimento de projetos de créditos de carbono, especialmente no setor de reflorestamento e conservação florestal. No entanto, a expansão desse mercado requer um marco regulatório claro e políticas públicas que incentivem a participação de diversos atores, incluindo pequenas e médias empresas e

comunidades locais. A criação de um mercado regulamentado de carbono no Brasil poderia fortalecer a integridade dos créditos gerados e aumentar a atratividade do país para investimentos internacionais em projetos de sustentabilidade (GOBOR et al., 2023).

2.3 BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS AMBIENTAIS DO PLANTIO DE EUCALIPTO

O plantio de eucalipto tem sido objeto de debate tanto em comunidades científicas quanto entre ambientalistas, devido aos seus impactos ambientais, que podem ser positivos ou negativos dependendo de diversos fatores, como as práticas de manejo utilizadas e as características específicas do ecossistema onde são implantados.

Um dos principais benefícios ambientais do cultivo de eucalipto é sua capacidade de promover a recuperação de áreas degradadas. Projetos de reflorestamento utilizando o eucalipto têm demonstrado eficácia na regeneração de solos que foram exauridos por práticas agrícolas intensivas ou mineração. O eucalipto, devido ao seu rápido crescimento e à capacidade de adaptação a diferentes tipos de solo, pode reverter processos erosivos e aumentar a retenção de água no solo através da deposição de serapilheira que é composta por matéria vegetal depositada no solo das florestas, que melhora a estrutura do solo e contribui para o aumento da matéria orgânica (AMORIM et al., 2021; AMORIM, 2022).

O eucalipto tem um papel significativo na captura de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Estudos mostram que plantações de eucalipto podem sequestrar grandes quantidades de dióxido de carbono da atmosfera, o que é essencial em um contexto global de combate ao aquecimento global. Essa capacidade é maximizada quando o eucalipto é integrado em sistemas agroflorestais, onde o impacto positivo é ampliado pela combinação de culturas e a promoção de biodiversidade no entorno das plantações (VECHI; JÚNIOR, 2018; ARAUJO et al., 2013).

Outra contribuição importante do eucalipto é no controle da erosão. Em áreas de declive acentuado, o plantio de eucalipto pode ajudar a estabilizar o solo, reduzir a perda de solo e prevenir o assoreamento de corpos d'água. O sistema radicular profundo do eucalipto facilita a ancoragem do solo e melhora a infiltração da água, reduzindo o escoamento superficial e, consequentemente, a erosão (AMORIM, 2022).

Apesar dos benefícios, o plantio de eucalipto também pode trazer malefícios ambientais significativos, especialmente em situações onde o manejo não é feito de forma sustentável. Um dos impactos negativos mais discutidos é a perda de biodiversidade associada às monoculturas de eucalipto. A substituição de ecossistemas naturais por grandes áreas de eucalipto pode resultar na eliminação de diversas espécies nativas de flora e fauna, criando paisagens homogêneas e ecologicamente menos diversas. Essa redução da biodiversidade pode ter consequências graves para o equilíbrio ecológico e para os serviços ecossistêmicos que dependem de uma rica variedade de espécies (VECHI; JÚNIOR, 2018).

Ademais, a monocultura do eucalipto pode levar ao empobrecimento do solo ao longo do tempo. Embora o eucalipto possa inicialmente contribuir para a melhoria da qualidade do solo, a exploração contínua sem práticas adequadas de rotação de culturas e adubação pode esgotar os nutrientes essenciais, como o nitrogênio e o fósforo, resultando em solos menos produtivos. Esse efeito é agravado em áreas onde a fertilidade do solo já é naturalmente baixa, limitando o potencial de recuperação das áreas após a exploração (REZENDE et al., 2011).

Outro malefício importante a ser considerado é o impacto sobre os recursos hídricos. Embora o eucalipto seja eficiente no uso da água, quando plantado em alta densidade ou em áreas inadequadas, pode competir com outras espécies vegetais por esse recurso, reduzindo a disponibilidade de água no solo e nos corpos hídricos adjacentes. Esse efeito é particularmente preocupante em regiões onde a água já é um recurso escasso, podendo causar redução da vazão de rios e córregos, afetando tanto os ecossistemas aquáticos quanto as comunidades humanas que dependem desses recursos (REZENDE et al., 2011; ARAUJO et al., 2013).

O plantio de eucalipto apresenta uma dualidade de impactos ambientais, sendo capaz de proporcionar benefícios significativos, como a recuperação de áreas degradadas, sequestro de carbono, e controle da erosão, mas também malefícios, como a perda de biodiversidade, empobrecimento do solo, e competição por recursos hídricos. Para maximizar os benefícios e minimizar os impactos negativos, é fundamental que o manejo dessas plantações seja realizado com base em práticas sustentáveis e integradas, que considerem as especificidades de cada ecossistema e as necessidades das comunidades locais. A adoção de políticas públicas e a criação de marcos regulatórios que incentivem o manejo sustentável e a conservação da biodiversidade são essenciais para assegurar que o plantio de eucalipto contribua para um desenvolvimento

ambientalmente equilibrado e socialmente justo (AMORIM et al., 2021; VECHI; JÚNIOR, 2018; REZENDE et al., 2011).

Dessa forma, a adoção de práticas de manejo integrado, que promovam a conservação dos recursos naturais e a biodiversidade, é fundamental para garantir que os aspectos positivos do eucalipto, como a recuperação de áreas degradadas e o sequestro de carbono, sejam totalmente aproveitados. Ao mesmo tempo, é necessário mitigar os efeitos adversos, como a competição por recursos hídricos e a redução da diversidade biológica, assegurando que o cultivo dessa espécie contribua para um desenvolvimento ambientalmente equilibrado e socialmente responsável em Rio Verde e em outras regiões produtoras.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para este estudo envolve a realização de uma pesquisa bibliográfica de 2008 a 2024, a coleta de dados secundários e a aplicação de fórmulas de cálculo de sequestro de carbono criado por Oliveira (2011) para estimar o potencial de geração de créditos de carbono nas florestas de eucalipto no município de Rio Verde, Goiás. Inicialmente, foi conduzida uma extensa pesquisa bibliográfica para fundamentar teoricamente o estudo, abordando temas como mercado de carbono, origens, evolução e tipos (regulado e voluntário), definição e funcionamento dos créditos de carbono, produção de eucalipto no Brasil e especificamente em Rio Verde, além dos benefícios ambientais do plantio de eucalipto. As fontes utilizadas incluíram artigos científicos, livros, relatórios técnicos e legislações pertinentes ao tema, com referências como Cândido et al. (2021), Gobor et al. (2021), Lelis et al. (2021), entre outros.

A coleta de dados baseou-se principalmente em fontes secundárias confiáveis, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e relatórios da Embrapa. Os dados coletados incluíram informações sobre a área plantada de eucalipto em Rio Verde, produção e produtividade das florestas de eucalipto, e dados climáticos e de solo da região. Esses dados foram essenciais para compreender o cenário atual e avaliar o potencial de sequestro de carbono.

Para realizar uma comparação e estimar a quantidade de créditos de carbono que poderiam ser gerados, foi utilizado um orçamento elaborado pela empresa CredCarbo no ano de 2022. Este orçamento incluiu os custos de implementação e manutenção das florestas de eucalipto, bem como a expectativa de receita proveniente da venda de créditos de carbono. A utilização deste orçamento permitiu realizar uma análise detalhada dos custos e benefícios econômicos associados à geração de créditos de carbono.

O cálculo do potencial de sequestro de carbono foi realizado utilizando uma fórmula padrão de cálculo de biomassa e sequestro de carbono, conforme estabelecido por Oliveira (2011). A fórmula utilizada foi $C = V \times BEF \times D \times 0,5$, onde C representa o carbono armazenado em toneladas de CO₂, V é o volume de madeira em metros cúbicos, BEF é o fator de expansão de biomassa, D é a densidade da madeira em toneladas por metro cúbico, e 0,5 é o fator de conversão de biomassa em carbono. Este método permitiu estimar com precisão a quantidade de carbono sequestrado pelas florestas de eucalipto em Rio Verde.

Com base no cálculo de sequestro de carbono, estimou-se a quantidade de créditos de carbono que podem ser gerados. Considerando que um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂ equivalente, utilizou-se a fórmula $CC=C\div 1$, onde CC é o número de créditos de carbono. Esta estimativa forneceu uma visão clara do potencial de geração de créditos de carbono na região.

A análise econômica envolveu a avaliação dos custos de implementação e manutenção das florestas de eucalipto e a potencial receita proveniente da venda de créditos de carbono. Consideraram-se os preços médios de mercado dos créditos de carbono e as taxas de retorno econômico para os produtores. Esta análise permitiu compreender a viabilidade econômica dos projetos de geração de créditos de carbono em Rio Verde.

Os resultados obtidos para Rio Verde foram comparados com dados de outras regiões produtoras de eucalipto no Brasil. Utilizaram-se indicadores como produtividade, custo-benefício e viabilidade econômica dos projetos de geração de créditos de carbono para realizar esta comparação. Estimou-se as potenciais perdas econômicas de Rio Verde por não entrar no mercado de créditos de carbono, calculando a receita que poderia ser gerada pela venda de créditos de carbono e comparando-a com a situação atual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o IBGE e CNA em 2019, Goiás destaca-se pela extensa área dedicada ao cultivo de eucalipto, totalizando cerca de 168,6 mil hectares, o que representa a maior parte da silvicultura no estado, com 94,4% dessa área voltada para essa espécie. Essa cultura é vital tanto para a economia regional quanto para os esforços de sustentabilidade, como o sequestro de carbono, que ajuda a mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Rio Verde, integra a microrregião do Sudoeste de Goiás, é uma cidade que se destaca por sua significativa contribuição ao agronegócio brasileiro. Com um solo predominantemente do tipo latossolo vermelho, a região é altamente propícia para a agricultura, favorecendo a produção de culturas como soja, milho, sorgo, e, mais recentemente, o eucalipto. Este solo, caracterizado por sua elevada fertilidade, quando bem manejado, permite não só a prática agrícola intensiva, mas também a manutenção da sustentabilidade ambiental através de práticas como a rotação de culturas e a conservação do solo (VENTUROLI; MORALES, 2014).

O agronegócio é o principal motor econômico de Rio Verde, contribuindo de maneira significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) do município. O setor agropecuário responde por uma grande parte da geração de empregos e renda na cidade, impulsionando não apenas o crescimento econômico local, mas também auxiliando de forma direta no desenvolvimento regional. A produção de soja e milho, em particular, tem colocado Rio Verde entre os maiores produtores agrícolas do Brasil, o que fortalece sua posição estratégica no cenário nacional (SOARES et al., 2019).

A economia de Rio Verde é diversificada, com o agronegócio se destacando como o setor mais importante. A cidade conta com uma área total de 649 mil hectares disponíveis para a agricultura, dos quais 9.000 hectares são dedicados ao plantio de eucalipto (Figura 1). Essa vasta área agrícola é um reflexo da força do setor na região, que continua a atrair investimentos e a desenvolver novas tecnologias para aumentar a produtividade e a sustentabilidade (IBGE, 2024).

Figura 1 - Plantação de eucalipto em Rio Verde - Goiás



Fonte: Acervo pessoal do autor.

O solo de Rio Verde, rico em nutrientes e com boa capacidade de retenção de água, é ideal para o cultivo do eucalipto, uma espécie que tem sido cada vez mais cultivada na região devido ao seu rápido crescimento e à sua capacidade de sequestro de carbono. Estudos mostram que o eucalipto tem um papel importante na proteção do solo contra a erosão e na conservação dos recursos hídricos, além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas por meio da captura de CO₂ (MOREIRA et al., 2019). A implementação de práticas de manejo sustentável é fundamental para garantir que o cultivo de eucalipto não degrade o solo ao longo do tempo, mas sim contribua para a regeneração de áreas anteriormente degradadas (VENTUROLI; MORALES, 2014).

A escolha do eucalipto como cultura florestal em Rio Verde se deve a uma série de fatores, incluindo a adaptabilidade da espécie às condições locais e a alta demanda por madeira de reflorestamento. O eucalipto é amplamente utilizado para a produção de energia, celulose, e madeira para construção, o que torna essa cultura uma escolha estratégica tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. O cultivo de eucalipto em áreas semelhantes à Rio Verde tem mostrado ser uma alternativa eficaz para o sequestro de carbono, podendo contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (MOREIRA et al., 2019).

Em termos de gestão sustentável, a produção de eucalipto em Rio Verde também serve como um exemplo de boas práticas ambientais. A utilização de solos anteriormente degradados

para o plantio de eucalipto, além de ajudar na recuperação dessas áreas, minimiza a pressão sobre as florestas nativas e promove a conservação da biodiversidade. Essas práticas são essenciais para garantir que o crescimento da indústria de reflorestamento em Goiás continue a ser sustentável e benéfico para a sociedade como um todo (VENTUROLI; MORALES, 2014).

Com base nos 9.000 hectares de eucalipto plantados em Rio Verde, utilizando como base a fórmula criada por Oliveira (2011) e considerando que cada hectare de eucalipto tem a capacidade de sequestrar aproximadamente 10 toneladas de CO₂ por ano, podemos estimar o potencial de geração de créditos de carbono.

A tabela 1 detalha os cálculos para fins hipotéticos, considerando também a totalidade da área disponível para agricultura no município. Vale ressaltar que trata-se de situações de exemplo apenas para hipóteses, em uma situação real não seria possível utilizar toda a área disponível para plantio, para silvicultura, respeitando os critérios do manejo sustentável.

Tabela 1: Potencial de geração de carbono

Área de Plantio (ha)	Sequestro de CO ₂ (t/ha/ano)	Total de CO ₂ Sequestrado (t/ano)	Valor do Crédito de Carbono (R\$/t)	Receita Potencial (R\$/ano)
9.000	10	90.000	60	5.400.000
649.000	10	6.490.000	60	389.400.000

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir de um exemplo hipotético, o potencial econômico da geração de créditos de carbono em Rio Verde, considerando tanto os 9.000 hectares já plantados com eucalipto quanto a totalidade dos 649 mil hectares disponíveis para agricultura no município. O valor do crédito de carbono foi estimado em R\$ 60,00 por tonelada de CO₂, resultando em uma receita potencial de R\$ 5,4 milhões anualmente para os 9.000 hectares atualmente plantados. Caso a totalidade da área disponível fosse utilizada para o plantio de eucalipto, o potencial de receita poderia chegar a R\$ 389,4 milhões por ano, o que evidencia a viabilidade econômica e ambiental dessa atividade em Rio Verde.

Conforme observado por Amorim et al. (2021), o solo da região, predominantemente argiloso e com boa capacidade de retenção de água, associado ao clima com períodos de chuva

bem definidos, oferece condições ideais para o crescimento do eucalipto. Esse tipo de solo, quando manejado adequadamente, pode suportar o cultivo intensivo sem causar grandes impactos negativos ao meio ambiente, permitindo a maximização da produtividade florestal e do sequestro de carbono. Assim o clima favorável contribui para uma maior eficiência no crescimento das árvores, aumentando a quantidade de biomassa acumulada e, conseqüentemente, o carbono sequestrado.

A exploração do mercado de carbono, portanto, não é apenas uma oportunidade para mitigar os impactos ambientais do cultivo intensivo, mas também para adicionar uma significativa fonte de receita para os produtores locais. Conforme discutido por Gobor et al. (2023), a proximidade de Rio Verde a centros industriais e mercados consumidores facilita a logística e a comercialização dos créditos de carbono gerados, tornando a região altamente competitiva.

Rio Verde, com sua vasta área agrícola e relevo favorável à mecanização, tem o potencial de se tornar referência na produção sustentável de eucalipto e na geração de créditos de carbono. A exclusão da silvicultura do rol de atividades potencialmente poluidoras abre novas possibilidades para o desenvolvimento do setor, garantindo que a cidade continue a crescer economicamente, ao mesmo tempo em que contribui para a mitigação das mudanças climáticas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2024).

A produção de eucalipto em Rio Verde, Goiás, é um elemento para entender o impacto ambiental e o potencial econômico do município no contexto do mercado de carbono. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Rio Verde possui 9.000 hectares de eucalipto plantados, o que não só contribui significativamente para a economia local, mas também oferece um potencial considerável para a geração de créditos de carbono. Utilizando a fórmula de cálculo de biomassa e sequestro de carbono estabelecida por Oliveira (2011), calculamos o sequestro de carbono nas plantações de eucalipto de Rio Verde. A fórmula é expressa como:

$$C=V\times BEF\times D\times 0,5$$

Onde:

- C é o carbono armazenado em toneladas de CO₂.
- V é o volume de madeira em metros cúbicos.
- BEF é o fator de expansão de biomassa.

- D é a densidade da madeira em toneladas por metro cúbico.
- 0,5 é o fator de conversão de biomassa em carbono.

Assumindo que o volume médio de madeira por hectare seja de 150 m³, com um fator de expansão de biomassa (BEF) adequado e uma densidade média para o eucalipto, chegamos à estimativa de que cada hectare de eucalipto sequestra cerca de 9 toneladas de CO₂ por ano. Para os 9.000 hectares em Rio Verde, isso se traduz em um sequestro total anual de aproximadamente 81.000 toneladas de CO₂. Esta quantidade é equivalente à geração de 81.000 créditos de carbono anualmente, onde cada crédito representa uma tonelada de CO₂ equivalente.

A Tabela 1 apresenta um cenário amplo, sugerindo um potencial de 90.000 toneladas de CO₂ sequestradas anualmente para 9.000 hectares, considerando todo o potencial agrícola da região. Em contraste, a Tabela 2 oferece uma estimativa mais precisa de 81.000 toneladas, baseada em cálculos detalhados de volume de madeira e densidade. Essa comparação ressalta a importância de cálculos refinados para uma avaliação realista do potencial de sequestro de carbono em Rio Verde, ajustando as expectativas do cenário hipotético para uma análise prática e fundamentada. A Tabela 2 apresenta os principais dados utilizados e os resultados obtidos.

Tabela 2: Estimativa de Sequestro de Carbono e Geração de Créditos em Rio Verde, GO

Área Plantada (ha)	Volume de Madeira (m ³ /ha)	Sequestro de Carbono (tCO ₂ /ha/ano)	Total de Carbono Sequestrado (tCO ₂ /ano)	Créditos de Carbono Gerados (CC/ano)
9.000	150	9	81000	81.000

Fonte: Elaborado pelo autor.

A viabilidade econômica da geração de créditos de carbono em Rio Verde foi analisada considerando tanto os custos de implementação e manutenção das florestas de eucalipto quanto a receita potencial proveniente da venda desses créditos. De acordo com o orçamento fornecido pela CredCarbo (2022), o custo inicial de implementação é de aproximadamente USD \$84.260, enquanto o custo anual de manutenção é estimado em USD \$35.000.

A tabela 3 inclui diferentes cenários de custo e receita e pode fornecer uma visão clara das variações possíveis no retorno econômico do projeto. Como discutido por LELIS et al. (2021), a flutuação nos preços dos créditos de carbono pode ter um impacto significativo na viabilidade

econômica dos projetos, e a análise de cenários permite aos produtores planejar melhor suas operações, considerando as incertezas do mercado.

Tabela 3: Cenários de Custo e Receita em Rio Verde, GO

Cenário	Área Plantada (ha)	Custo de Manutenção (USD/ano)	Preço dos Créditos (USD/CC)	Receita Bruta (USD/ano)	Receita Líquida (USD/ano)
Cenário 1 (Base)	9000	35.000	11	891.000	771.740
Cenário 2 (Aumento de 20% na Área)	10800	42.000	11	1.069.200	956.200
Cenário 3 (Aumento de 50% na Área)	13500	52.500	11	1.336.500	1.199.740
Cenário 4 (Preço dos Créditos a \$15)	9000	35.000	15	1.215.000	1.095.740

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Cenário 1, considerado a base, assume os 9.000 hectares plantados com um custo de manutenção anual de USD \$35.000 e um preço de USD \$11 por crédito de carbono, resultando em uma receita líquida de USD \$771.740. No Cenário 2, é simulado um aumento de 20% na área plantada, elevando tanto os custos quanto a receita proporcionalmente, enquanto o Cenário 3 considera um aumento de 50% na área, evidenciando um crescimento ainda maior na receita líquida. O Cenário 4 explora a possibilidade de um aumento no preço dos créditos para USD \$15, mantendo a área plantada original, o que resultaria em uma receita significativamente maior. Esses cenários permitem avaliar como diferentes fatores podem influenciar o retorno econômico do projeto, auxiliando na tomada de decisões estratégicas.

Com base na cotação de 08/2024, USD \$11,00 por crédito de carbono, a receita anual estimada pode chegar a USD \$891.000, o que equivale a aproximadamente R\$ 4.719.000,00, considerando a taxa de câmbio de R\$ 5,30/USD. Esta receita demonstra que, após a dedução dos custos operacionais, o projeto não apenas é economicamente viável, mas também proporciona um retorno financeiro significativo. A Tabela 4 detalha os custos e as receitas estimadas.

Tabela 4: Análise Econômica da Geração de Créditos de Carbono em Rio Verde, GO

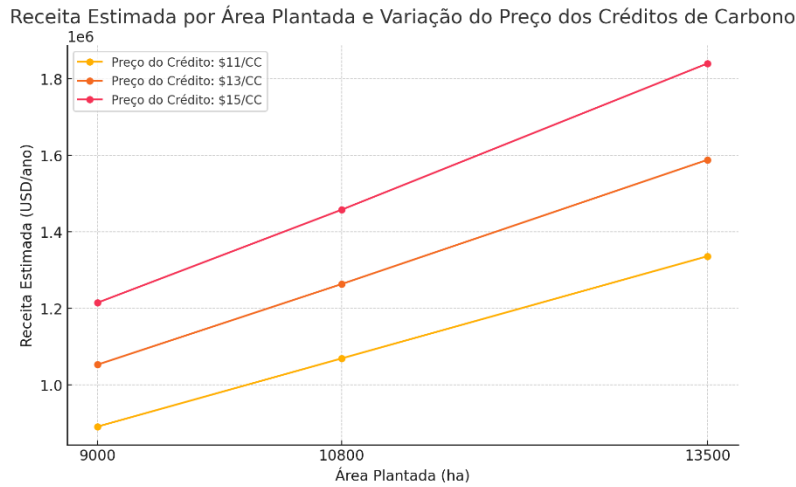
Descrição	Valor Estimado (USD)	Valor Estimado (R\$)
Custo Inicial de Implementação	84260	R\$ 446.578
Custo Anual de Manutenção	35000	R\$ 185.500
Receita Anual Estimada (Créditos)	891000	R\$ 4.719.000
Receita Líquida Estimada (Anual)	771740	R\$ 4.087.922

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados indicam que Rio Verde tem grande potencial para se beneficiar do mercado de créditos de carbono, não apenas contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas, mas também proporcionando um retorno financeiro substancial aos produtores locais. A viabilidade econômica do projeto, evidenciada pelos cálculos e comparações, reforça a ideia de que a exploração sustentável das florestas de eucalipto pode ser uma estratégia eficaz para a geração de renda adicional, ao mesmo tempo que atende às demandas ambientais globais. A implementação de práticas de manejo sustentável e a participação ativa no mercado de carbono poderão aumentar ainda mais a receita gerada, tornando Rio Verde um exemplo de como a sinergia entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental pode ser alcançada.

No gráfico 1 é possível visualizar como a receita pode variar significativamente com o aumento da área plantada e com o preço dos créditos de carbono, destacando a importância de estratégias de manejo e de posicionamento no mercado.

Gráfico 1: Receita estimada por área plantada

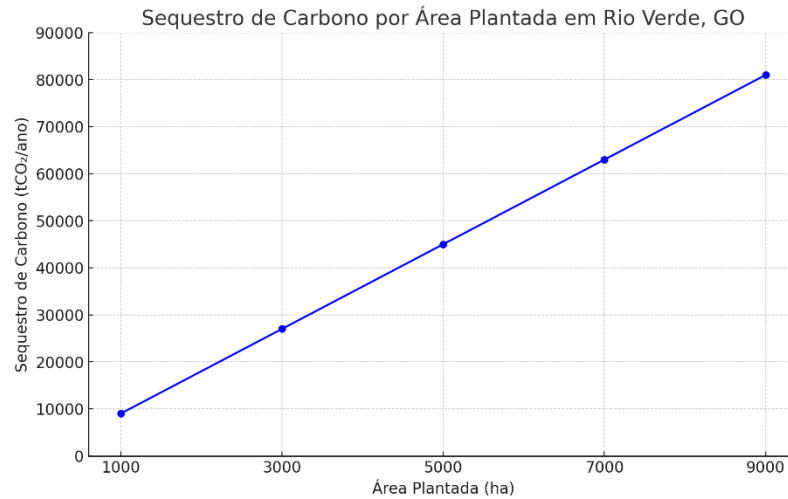


Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Cândido et al. (2021) apontam, o aumento da área plantada em regiões com características favoráveis, como Rio Verde, pode resultar em um incremento significativo na receita gerada, especialmente se o mercado de carbono continuar em expansão.

O gráfico 2 ilustra a relação entre a área plantada com eucalipto em Rio Verde, GO, e o sequestro de carbono estimado em toneladas de CO₂ por ano. O gráfico mostra que à medida que a área plantada aumenta, o sequestro de carbono também cresce proporcionalmente. Refletindo a capacidade das plantações de eucalipto de capturar grandes quantidades de CO₂ da atmosfera, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Gráfico 2: Sequestro de Carbono por Área Plantada em Rio Verde



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através dele é possível visualizar como o aumento da área plantada está diretamente relacionado ao aumento do sequestro de carbono, demonstrando o potencial significativo de Rio Verde para contribuir com a mitigação das mudanças climáticas através da geração de créditos de carbono. Especificamente, o gráfico demonstra que para cada hectare de eucalipto plantado, há uma expectativa de sequestro de aproximadamente 9 toneladas de CO₂ por ano. Portanto, com os 9.000 hectares atualmente plantados, o sequestro total é estimado em 81.000 toneladas de CO₂ anuais.

Quando comparada a outras regiões produtoras de eucalipto no Brasil, como o Espírito Santo e o Sul da Bahia, Rio Verde se destaca pelo equilíbrio entre custo da terra, disponibilidade de água e produtividade das plantações. Segundo Oliveira et al. (2021), enquanto o Espírito Santo enfrenta desafios com o custo elevado da terra, e o Sul da Bahia com questões relacionadas à gestão de recursos hídricos, Rio Verde oferece uma combinação de fatores que favorecem a viabilidade econômica e a sustentabilidade do cultivo de eucalipto.

O plantio de eucalipto em Rio Verde oferece diversos benefícios ambientais, como a recuperação de áreas degradadas e a melhoria da qualidade do solo, como apontado por Amorim (2022). A presença de eucaliptos pode melhorar a estrutura do solo ao aumentar a matéria orgânica e promover a retenção de água, o que é fundamental para áreas que sofreram com práticas agrícolas intensivas no passado.

Entretanto, os malefícios ambientais também precisam ser considerados. Vechi e Júnior (2018) alertam para os riscos de perda de biodiversidade associados à monocultura do eucalipto, que pode substituir ecossistemas nativos e reduzir a diversidade de espécies vegetais e animais. O impacto sobre os recursos hídricos, principalmente em regiões onde a água é um recurso escasso, deve ser cuidadosamente gerido. Como discutido por Rezende et al. (2011), a alta demanda de água pelo eucalipto pode afetar a disponibilidade hídrica local, prejudicando outras atividades agrícolas e a oferta de água para consumo humano.

Os cálculos de viabilidade econômica apresentados mostram que, mesmo em cenários conservadores, o projeto de créditos de carbono em Rio Verde é viável, considerando os aspectos econômicos e sustentáveis. Oliveira et al. (2011) demonstram que a utilização de fórmulas padrão para o cálculo de biomassa e sequestro de carbono, adaptadas às condições locais, permite estimar com precisão o potencial de geração de créditos de carbono.

Esses cálculos são fundamentais para os produtores locais, pois oferecem uma base sólida para a tomada de decisões, permitindo a avaliação de diferentes cenários de custos e receitas. A análise de Moreira et al. (2019) complementa essa visão, mostrando que a implementação de práticas de manejo sustentável pode reduzir os custos operacionais e aumentar a rentabilidade do projeto.

Nesse sentido, políticas públicas que incentivem a certificação de créditos de carbono e ofereçam suporte técnico aos produtores são essenciais para garantir a competitividade de Rio Verde no mercado de carbono. Gobor et al. (2023) enfatizam que incentivos fiscais e programas de capacitação podem aumentar significativamente a participação de pequenos e médios produtores, garantindo que os benefícios econômicos e ambientais sejam amplamente distribuídos na região.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo investigar o potencial de geração de créditos de carbono através do cultivo de eucalipto no município de Rio Verde, Goiás, e analisou os impactos econômicos e ambientais dessa prática. Os resultados obtidos demonstram que Rio Verde possui um grande potencial para se destacar no mercado de carbono, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas ao mesmo tempo em que oferece uma fonte de receita adicional para os produtores locais.

Com uma área plantada de 9.000 hectares, foi estimado que as plantações de eucalipto em Rio Verde poderiam sequestrar aproximadamente 81.000 toneladas de CO₂ por ano, resultando na geração de 81.000 créditos de carbono. A viabilidade econômica do projeto foi confirmada pela análise de custos e receitas, que indicou um retorno financeiro significativo, mesmo após a dedução dos custos operacionais. Esses resultados destacam a atratividade do mercado de carbono como uma estratégia viável e lucrativa para os produtores da região.

Além dos benefícios econômicos, o plantio de eucalipto também pode oferecer vantagens ambientais, como a recuperação de áreas degradadas e a conservação do solo. No entanto, os malefícios potenciais, como a perda de biodiversidade e o impacto nos recursos hídricos, precisam ser gerenciados por meio de práticas de manejo sustentável. A adoção de políticas públicas e iniciativas de certificação pode ajudar a maximizar os benefícios e mitigar os impactos negativos, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

O estudo revelou que Rio Verde em relação a outras regiões produtoras de eucalipto no Brasil, tem condições favoráveis para se tornar um importante participante do mercado de créditos de carbono, desde que adote práticas de manejo adequadas e se integre de forma eficiente aos mecanismos de mercado.

Durante a realização desta pesquisa bibliográfica, identificou-se uma significativa limitação relacionada à escassez de literatura recente sobre o tema proposto. Grande parte dos estudos disponíveis são datados e podem não refletir as mudanças e avanços ocorridos na área nos últimos anos. Essa falta de literatura atualizada restringe a compreensão dos desenvolvimentos recentes e das novas abordagens que poderiam enriquecer a análise. Considerando essa lacuna, sugere-se que futuras pesquisas explorem mais profundamente o tema, incentivando a produção de estudos empíricos e revisões atualizadas que possam fornecer uma visão mais contemporânea

e abrangente. Investir em novas investigações com metodologias modernas é essencial para preencher as lacunas identificadas e fornecer uma base mais sólida e atualizada para profissionais e pesquisadores da área.

Diante deste estudo, destaca-se que a exploração do mercado de carbono em Rio Verde não só é viável, como também pode gerar benefícios econômicos e ambientais significativos. Recomenda-se a continuidade dos esforços para fortalecer o manejo sustentável e a certificação das práticas florestais na região, visando otimizar o potencial de sequestro de carbono e ampliar as oportunidades de receita para os produtores locais. A implementação dessas estratégias pode posicionar Rio Verde como um destaque em desenvolvimento sustentável no Brasil, contribuindo para a economia local e para a mitigação dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Vanessa da Silva Santos de. **Benefícios das florestas plantadas com eucalipto na recuperação de áreas degradadas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especializada em Recuperação de Áreas Degradadas) — Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão — UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

ARAUJO, Vagner Gabriel et al. A importância das plantações de eucalipto na conservação da biodiversidade. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 33, n. 74, p. 203-213, 2013.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE GOIÁS. **Projeto regulamenta mercado de créditos de carbono em Goiás**. Disponível em: <https://portal.al.go.leg.br/noticias/134794/projeto-regulamenta-mercado-de-creditos-de-carbono-e-m-goias>. Acesso em: 06 ago. 2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Câmara aprova exclusão de silvicultura do rol de atividades poluidoras**. Agência Câmara de Notícias, 08 maio 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1060054-camara-aprova-exclusao-de-silvicultura-do-rol-de-atividades-poluidoras/>. Acesso em: 09 ago. 2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **SUBEMENDA SUBSTITUTIVA AO PROJETO DE LEI Nº 2148, DE 2015**. Apresentação: 21/12/2023 21:37:15.260 - PLEN PRLE 1 => PL 2148/2015, Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2382007&filename=S-SP+1+CEURG+%3D%3E+PL+2148/2015. Acesso em: 05 set. 2024.

CÂNDIDO, A. L. B.; et al. Os benefícios ambientais do plantio de eucalipto: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e318101119604, 2021.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **CNA debate custos de produção de eucalipto em Goiás**. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/cna-debate-custos-de-producao-de-eucalipto-em-goias>. Acesso em: 09 ago. 2024.

EMBRAPA. Eucalipto para restauração florestal com renda para propriedades rurais familiares. In: OLIVEIRA, E. B. et al. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. p. 667-682.

GOBOR, D.; et al. Produção de eucalipto em sistemas ILPF e sua contribuição para a mitigação das mudanças climáticas. **Agropecuária Brasileira**, v. 12, p. 123-145, 2021.

GOBOR, D.; SOUSA, L. P.; SANTOS, L. M. F.; MAXIMIANO, G. A.; TINA, V. S.; OLIVEIRA, E. B. de; MORIS, A. C. **Eucalipto para restauração florestal com renda para propriedades rurais familiares**. In: OLIVEIRA, E. B. de; PENNO, L. S.; SANTOS, L. M. F. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. p. 667-682.

GOBOR, D.; et al. Análise comparativa do mercado voluntário e mercado regulado de créditos de carbono no Brasil. **Revista Brasileira de Economia e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 21-23, 2023.

GOVERNO DE GOIÁS. **Rio Verde é o segundo maior produtor de lenha de eucalipto do Brasil**. Disponível em: <https://goias.gov.br/agricultura/rio-verde-e-o-segundo-maior-produtor-de-lenha-de-eucalipto-do-brasil/>. Acesso em: 06 ago. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**: Tabela 5930 - Área total existente em 31/12 dos efetivos da silvicultura por espécie florestal: Eucalipto. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5930>. Acesso em: 06 ago 2024.

IPAM. **O que é e como funciona o mercado de carbono**. Disponível em: https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/o-que-e-e-como-funciona-o-mercado-de-carbono/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw3ZayBhDRARIsAPWzx8rbR70adXXEWdwiswQQohJxhYAZXUdD5jAU9rpDjE1PMQlXgSMXkNAaAgeLEALw_wcB. Acesso em: 06 ago. 2024.

JÚNIOR, José Carlos de Sousa et al. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária: análise descritiva das ações desenvolvidas por instituições governamentais no Estado de Goiás. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.

LELIS, R. C.; et al. Sequestro de CO₂ em árvores de eucalipto no sistema ILPF. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa, 2021.

LIMIRO, Danielle. **Créditos de carbono**: Protocolo de Kyoto e Projetos de MDL. Curitiba: Jurug, 2008,

OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, L. M. F.; GOBOR, D.; TINA, V. S.; MAXIMIANO, G. A.; SOUSA, L. P.; PENNO, L. S.; MORIS, A. C. **Implantação e manejo de florestas em pequenas propriedades no estado do Paraná**: um modelo para a conservação ambiental, com inclusão social e viabilidade econômica. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 49 p. (Embrapa Florestas. Documento, 167).

OLIVEIRA, E. B.; SOUSA, L. P.; RADOMSKI, M. I.; TINA, V. S.; GOBOR, D. Regeneração natural em sub-bosque de *Corymbia citriodora* no noroeste do estado do Paraná. **Revista Floresta**, v. 41, n. 2, p. 377-386, 2011.

OLIVEIRA, E. B.; SOUSA, L. P.; SANTOS, L. M. F.; GOBOR, D.; MAXIMIANO, G. A.; TINA, V. S. **Sistemas mistos de espécies florestais nativas com eucalipto em propriedades rurais familiares na região Noroeste do estado do Paraná**. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília. 2014.

OLIVEIRA, E. B. et al. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. p. 667-682.

REZENDE, Luciano Vilas Boas; CAMELLO, Thereza Cristina F.; REBELO, Lea Piumbim. O eucalipto resseca o solo? mito ou verdade?. **Revista Internacional de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 19-38, 2011.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini **Mercado de carbono e protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

SISTER, Gabriel. **Mercado de carbono e Protocolo de Quioto**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SOARES, L. G.; NEDEL, T.; FORMOLLO JÚNIOR, M.; MOREIRA, J. M. M. Á.; BUSCHINELLI, C. C. A.; OLIVEIRA, V. L. E.; SIMIONI, F. J. Cadeia produtiva do eucalipto em polos produtivos de Goiás. **Revista Acadêmica da UDESC**, 2019.

VECHI, Anderson; JÚNIOR, Carlos Alberto De Oliveira Magalhães. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018.

VENTUROLI, Fábio; MORALES, Marina Moura. Volumetria de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* no cerrado: similaridade de estimativas. **Agrotrópica**, v. 26, n. 3, p. 167-174, 2014.