REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

MITIGAÇÃO CLIMÁTICA POR SILVICULTURA NO BRASIL: CARBONO, RESTAURAÇÃO E FLORESTAS PLANTADAS PARA ODS 13 E 15

CLIMATE CHANGE MITIGATION THROUGH SILVICULTURE IN BRAZIL: CARBON, RESTORATION, AND PLANTED FORESTS FOR SDGS 13 AND 15

MITIGACIÓN CLIMÁTICA MEDIANTE LA SILVICULTURA EN BRASIL: CARBANO, RESTAURACIÓN Y BOSQUES PLANTADOS PARA LOS ODS 13 Y 15

Paulo Sérgio Rocha Lima
Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: paulosergio@ift.edu.br

Marcos Antônio Negreiros Dias
Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins,Brasil
E-mail: marcosnegreiros1985@gmail.com

Henrique de Souza Lima Júnior
Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins,Brasil
E-mail: Henrique.oficial@hotmail.com

Thais Bernardes de Oliveria
Mestra em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins,Brasil
E-mail: thaisbernardes16@gmail.com

Tiago do Nascimento Alves de Paula
Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: tiagoalves1905@gmail.com

Rodrigo Almeida de Sá
Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins,Brasil
E-mail: rodrigoadesa@hotmail.com

Messias Rogério Araújo Albernaz
Mestre em Ciências Policiais, Academia Policial Militar Tiradentes, Brasil
E-mail: messiasrogerio.albernaz@gmail.com

Frank Cynatra Sousa Melo
Mestre em Ciências Policiais, Academia Policial Militar Tiradentes, Brasil
E-mail: frankcynatra@gmail.com

Resumo

A intensificação das mudanças climáticas e a perda de biodiversidade recolocam o setor de uso da terra como eixo crítico para a mitigação no Brasil, onde emissões por desmatamento, degradação e conversão de vegetação nativa ainda comprometem metas climáticas. Nesse contexto, a silvicultura,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

integrando florestas plantadas, restauração florestal e manejo em escala de paisagem, apresenta potencial para ampliar remoções de carbono, reduzir pressões sobre florestas nativas e gerar cobenefícios ecológicos. Contudo, persiste o desafio de conciliar ganhos climáticos com salvaguardas de biodiversidade, água e integridade territorial, além de lacunas na padronização de indicadores de desempenho. Este artigo teve como objetivo analisar, por meio de revisão de literatura, como estoques e fluxos de carbono, estratégias de restauração em larga escala e florestas plantadas podem atuar como soluções baseadas na natureza para o cumprimento dos ODS 13, Ação Climática, e ODS 15, Vida Terrestre, no Brasil. Metodologicamente, realizou-se uma revisão bibliográfica sistematizada, orientada pelas diretrizes PRISMA e interpretada via análise de conteúdo, com busca em bases acadêmicas e relatórios técnico-institucionais. Os resultados indicam que a efetividade climática depende da redução do desmatamento e da degradação, do fortalecimento de sumidouros via restauração e do manejo sustentável de florestas plantadas, com atenção ao carbono do solo e à permanência. Evidenciam-se sinergias quando conservação, restauração e produção são planejadas em mosaicos e em escala de paisagem, embora existam trade-offs relacionados à biodiversidade e recursos hídricos. Conclui-se que a integração entre silvicultura, restauração e conservação, apoiada em governança territorial e indicadores climáticos e ecológicos, é estratégica para maximizar cobenefícios e acelerar a transição para uma economia de baixo carbono alinhada aos ODS 13 e 15.

Palavras-chave: Manejo sustentável; Bioeconomia de carbono; Governança ambiental; Uso da Terra.

Abstract

The intensification of climate change and biodiversity loss has repositioned the land-use sector as a critical axis for mitigation in Brazil, where emissions from deforestation, forest degradation, and conversion of native vegetation continue to undermine climate targets. In this context, silviculture, integrating planted forests, forest restoration, and landscape-scale management, offers significant potential to increase carbon removals, reduce pressure on native forests, and generate ecological co-benefits. However, the challenge remains to reconcile climate gains with safeguards for biodiversity, water resources, and territorial integrity, as well as to address gaps in the standardization of performance indicators. This article aimed to analyze, through a literature review, how carbon stocks and fluxes, large-scale restoration strategies, and planted forests can function as nature-based solutions to support the achievement of SDG 13, Climate Action, and SDG 15, Life on Land, in Brazil. Methodologically, a systematized bibliographic review was conducted, guided by PRISMA guidelines and interpreted through content analysis, drawing on academic databases and technical-institutional reports. The results indicate that climate effectiveness depends on reducing deforestation and degradation, strengthening carbon sinks through restoration, and the sustainable management of planted forests, with particular attention to soil carbon and permanence. Synergies emerge when conservation, restoration, and production are planned in mosaics and at the landscape scale, although trade-offs related to biodiversity and water resources persist. It is concluded that integrating silviculture, restoration, and conservation, supported by territorial governance and robust climatic and ecological indicators, is strategic to maximize co-benefits and accelerate the transition to a low-carbon economy aligned with SDG 13 and SDG 15.

Keywords: Sustainable management; Carbon bioeconomy; Environmental governance; Land use.

Resumen

La intensificación del cambio climático y la pérdida de biodiversidad vuelven a situar al sector del uso de la tierra como un eje crítico para la mitigación en Brasil, donde las emisiones derivadas de la deforestación, la degradación y la conversión de la vegetación nativa siguen comprometiendo las

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

metas climáticas. En este contexto, la silvicultura, al integrar bosques plantados, restauración forestal y manejo a escala de paisaje, presenta un alto potencial para ampliar las remociones de carbono, reducir la presión sobre los bosques nativos y generar co-beneficios ecológicos. Sin embargo, persiste el desafío de conciliar los beneficios climáticos con salvaguardas para la biodiversidad, los recursos hídricos y la integridad territorial, así como de superar las brechas en la estandarización de indicadores de desempeño. Este artículo tuvo como objetivo analizar, mediante una revisión de la literatura, cómo los stocks y flujos de carbono, las estrategias de restauración a gran escala y los bosques plantados pueden actuar como soluciones basadas en la naturaleza para el cumplimiento de los ODS 13, Acción por el Clima, y ODS 15, Vida de Ecosistemas Terrestres, en Brasil. Metodológicamente, se realizó una revisión bibliográfica sistematizada, guiada por las directrices PRISMA e interpretada mediante análisis de contenido, con búsquedas en bases de datos académicas y en informes técnico-institucionales. Los resultados indican que la efectividad climática depende de la reducción de la deforestación y la degradación, del fortalecimiento de los sumideros de carbono mediante la restauración y del manejo sostenible de los bosques plantados, con especial atención al carbono del suelo y a la permanencia. Se evidencian sinergias cuando la conservación, la restauración y la producción se planifican en mosaicos y a escala de paisaje, aunque persisten trade-offs relacionados con la biodiversidad y los recursos hídricos. Se concluye que la integración entre silvicultura, restauración y conservación, apoyada en la gobernanza territorial y en indicadores climáticos y ecológicos, es estratégica para maximizar los co-beneficios y acelerar la transición hacia una economía de bajo carbono alineada con los ODS 13 y 15.

Palabras clave: S Manejo sostenible; Bioeconomía del carbono; Gobernanza ambiental; Uso de la tierra.

1. Introdução

As mudanças climáticas configuram-se como um dos maiores desafios contemporâneos, exigindo transformações estruturais nos modelos de desenvolvimento e no uso dos recursos naturais (Marinho et al., 2024; Ghasemi et al., 2025). O aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, associado à intensificação de eventos climáticos extremos e à degradação de ecossistemas, tem ampliado a atenção para o papel estratégico das florestas na mitigação e adaptação climática (John et al., 2024). No âmbito global, o setor de uso da terra destaca-se simultaneamente como fonte relevante de emissões e como importante sumidouro de carbono, sobretudo em regiões tropicais, onde a dinâmica florestal apresenta elevado potencial de sequestro de CO_2 (Quintão et al., 2021).

No Brasil, essa relação assume centralidade na agenda climática e ambiental. A matriz nacional de emissões distingue-se do padrão observado em países industrializados, uma vez que parcela expressiva das emissões está associada à mudança do uso da terra, ao desmatamento e à degradação florestal

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

(Marinho et al., 2024). Nesse contexto, florestas naturais, áreas restauradas e florestas plantadas desempenham papel decisivo no balanço de emissões e remoções de carbono, bem como na provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação hídrica, conservação do solo e manutenção da biodiversidade (Santos et al., 2023; IBÁ, 2025).

Apesar do reconhecimento do potencial do setor florestal para contribuir com a mitigação das mudanças climáticas, o Brasil ainda enfrenta dificuldades estruturais para reduzir de forma consistente as emissões associadas ao uso da terra (Lázaro et al., 2025). A persistência do desmatamento, a fragmentação das paisagens e a adoção de estratégias setoriais pouco integradas comprometem a efetividade das ações climáticas e ambientais. Ademais, abordagens que tratam separadamente florestas plantadas, restauração florestal e conservação tendem a limitar os benefícios climáticos e ecológicos, ao não considerar as interações e sinergias entre esses sistemas em escala de paisagem (Oni et al., 2026).

Embora haja amplo volume de estudos sobre silvicultura, carbono florestal, restauração ecológica e conservação da biodiversidade, observa-se uma lacuna na literatura quanto à análise integrada desses componentes sob a ótica dos compromissos climáticos e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Silva; Luns; Rodrigues Filho, 2021; Oni et al., 2026). Verifica-se que ainda são incipientes as sínteses que discutem de forma articulada o papel das florestas plantadas, da restauração florestal e do manejo sustentável de paisagens como estratégias complementares para a mitigação climática e a conservação da biodiversidade no contexto brasileiro, considerando simultaneamente benefícios, desafios e trade-offs ambientais.

1.1 Objetivos Gerais

O presente artigo teve como objetivo analisar a literatura científica e técnica sobre a contribuição da silvicultura para a mitigação das mudanças climáticas no Brasil, com ênfase no estoque e sequestro de carbono, na restauração florestal e no papel das florestas plantadas, à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13, Ação Climática, e 15, Vida Terrestre.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

2. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem qualitativa, de natureza teórica e bibliográfica, fundamentado no método dedutivo de argumentação. Essa abordagem metodológica permitiu partir de pressupostos gerais consolidados na literatura científica sobre mudanças climáticas, silvicultura, restauração florestal e estoque de carbono, para a construção de inferências analíticas acerca do papel dos sistemas florestais na mitigação climática e no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 e 15.

A opção pelo método dedutivo mostrou-se adequada por possibilitar a articulação entre marcos conceituais amplos, como mitigação climática, soluções baseadas na natureza e bioeconomia florestal, e análises aplicadas ao contexto brasileiro do uso da terra, favorecendo uma compreensão integrada das dimensões ambientais, climáticas e produtivas da silvicultura.

A reprodutibilidade é o padrão-ouro da ciência florestal contemporânea. Para mitigar vieses de seleção e assegurar a confiabilidade da pesquisa, este estudo adotou as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyse*s). O rigor na triagem garantiu que apenas evidências de alta relevância técnica fundamentasse a discussão sobre mitigação.

Nesse sentido, o protocolo metodológico foi operacionalizado a partir de uma estrutura técnica rigorosa e sistematizada. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados acadêmicas de reconhecida relevância cientifica, incluindo o Portal de Periódicos da CAPES, ScienceDirect, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e repositórios institucionais nacionais e internacionais. A estratégia de busca adotou descritores previamente definidos e aplicados de forma padronizada, a saber: “silvicultura e mudanças climáticas”, “estoque e sequestro de carbono florestal”, “restauração florestal”, “florestas plantadas”, “uso da terra e emissões”, “ODS 13” e “ODS 15”.

Foram selecionadas publicações consideradas de fronteira, contemplando estudos publicados até o ano de 2026, de modo a incorporar debates recentes e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

avanços conceituais e metodológicos sobre mitigação climática, uso da terra e sistemas florestais, incluindo contribuições relevantes. O processo de triagem seguiu as diretrizes do protocolo PRISMA, estruturando-se em quatro etapas sequenciais. Na fase de identificação, foram localizados 512 registros em bases de dados científicas e 18 registros adicionais em fontes institucionais. Após a remoção de duplicatas, permaneceram 480 registros, dos quais 385 foram excluídos na etapa de triagem, após a leitura de títulos e resumos, por não apresentarem aderência ao objetivo da pesquisa.

Na etapa de elegibilidade, 95 artigos foram analisados na íntegra, sendo excluídos 50 estudos por razões técnicas, tais como ausência de métricas explícitas de carbono, inconsistências metodológicas ou falta de alinhamento com parâmetros ecológicos de regiões tropicais. Ao final desse processo, 45 documentos compuseram o corpus da síntese qualitativa e da análise de conteúdo, permitindo uma abordagem aprofundada do setor de uso da terra, reconhecido como o principal determinante das emissões brasileiras, em consonância com Page et al. (2022).

Para o tratamento e a interpretação das informações extraídas da literatura selecionada, adotou-se a Análise de Conteúdo, conforme proposta por Bardin (2016). Essa técnica possibilitou a organização e a sistematização dos dados qualitativos em categorias analíticas robustas, desenvolvidas em três etapas fundamentais: a pré-análise, caracterizada pela leitura flutuante do material; a exploração do conteúdo, com definição das unidades de registro e de contexto; e o tratamento dos resultados, com a construção de inferências interpretativas relacionadas à silvicultura, à bioeconomia florestal e à mitigação das mudanças climáticas (Bardin, 2016; Sousa; Salvatierra, 2022), conforme consta no Quadro 1.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

Quadro 1 – Características dos estudos incluídos nesta pesquisa

Autores Principais	Ano	Tipo de Documento	Foco Principal
Marinho et al.; Martins et al.	2024-2025	Artigo Científico	Matriz de emissões e uso da terra no Brasil.
IBÁ	2025	Relatório Institucional	Bioeconomia e indicadores de conservação.
Araújo et al.; Qasha et al.	2020-2025	Artigo/Review	Dinâmica do COS e pedometria florestal.
Zhang et al.; Dutra et al.	2024-2025	Artigo Científico	Manejo em mosaicos e trade-offs hídricos.

Fonte: os autores (2026)

A codificação adotada seguiu uma abordagem indutivo-dedutiva, permitindo identificar e categorizar o trade-off central entre os sistemas florestais orientados ao estoque de carbono, representados predominantemente por florestas naturais maduras, e aqueles voltados ao fluxo de carbono, associados às florestas plantadas e às áreas em regeneração florestal jovem. Essa distinção metodológica revelou a necessidade de alinhar os resultados obtidos aos marcos globais de sustentabilidade, em especial aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 e 15, reforçando a importância de abordagens integradas e baseadas em evidências no planejamento do uso da terra.

Por fim, na etapa de tratamento e interpretação dos resultados, os dados categorizados foram analisados à luz do referencial teórico adotado, possibilitando a construção de inferências críticas sobre a contribuição da silvicultura, incluindo florestas plantadas, restauração florestal e manejo de paisagens, para a mitigação das mudanças climáticas e o alcance dos ODS 13 e 15 no Brasil. A combinação entre o protocolo PRISMA e a Análise de Conteúdo conferiu robustez metodológica, sistematicidade e confiabilidade ao estudo, fortalecendo a validade dos resultados e das discussões apresentadas.

3.Revisão da Literatura

3.1 Silvicultura e mitigação das mudanças climática

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

3.1.1 O setor florestal no balanço das emissões e remoções de carbono no brasil

No contexto brasileiro, as emissões de gases de efeito estufa associadas à mudança do uso da terra configuram-se como um dos principais entraves ao cumprimento das metas climáticas assumidas internacionalmente (Martins et al., 2025). Diferentemente do perfil de países industrializados, onde as emissões estão majoritariamente vinculadas aos setores de energia e transporte, o Brasil apresenta uma matriz de emissões fortemente concentrada no setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, especialmente em decorrência do desmatamento, da degradação florestal e da conversão de áreas naturais para atividades agropecuárias (Marinho et al., 2024; Oni et al., 2026). Essa dinâmica compromete estoques expressivos de carbono acumulados na biomassa vegetal e no solo, contribuindo de forma significativa para o aumento das emissões nacionais de dióxido de carbono (CO_2) (Silva; Luns; Rodrigues Filho, 2021; Oni et al., 2026).

Estudos e relatórios recentes indicam que mais de três quartos das emissões brasileiras estão direta ou indiretamente relacionadas ao uso da terra e à agropecuária, evidenciando que qualquer estratégia eficaz de mitigação climática no país depende, necessariamente, de ações estruturantes voltadas à conservação, restauração e manejo sustentável das florestas (IBÁ, 2025; Martins et al., 2025). Nesse sentido, a redução do desmatamento e da degradação florestal desponta como uma das medidas de menor custo e maior impacto imediato na mitigação das mudanças climáticas, especialmente em regiões tropicais (Martins et al., 2025).

As florestas e os sistemas florestais manejados apresentam elevado potencial para atuar como sumidouros de carbono, seja por meio do sequestro de CO_2 atmosférico durante o crescimento da biomassa, seja pelo aumento e manutenção dos estoques de carbono no solo (Liu et al., 2026). Florestas plantadas, quando conduzidas sob princípios de sustentabilidade, contribuem não apenas para a remoção de carbono, mas também para a substituição de materiais e fontes energéticas intensivas em emissões, ampliando seus efeitos mitigadores ao longo da cadeia produtiva. Além disso, sistemas de restauração

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

florestal e regeneração natural favorecem a recomposição de paisagens degradadas, reforçando a resiliência dos ecossistemas e ampliando os benefícios climáticos de longo prazo (Gorain et al., 2025).

Relatórios técnicos apontam que o setor de agricultura, florestas e outros usos da terra concentra algumas das maiores oportunidades globais de mitigação de baixo custo, sobretudo por meio da combinação entre controle do desmatamento, restauração de ecossistemas e adoção de práticas florestais sustentáveis (Pedrollo, 2025).

No caso brasileiro, essas estratégias assumem caráter ainda mais estratégico, uma vez que permitem alinhar a mitigação climática aos compromissos assumidos no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 13, referente a Ação Climática, e o ODS 15, sobre a Vida Terrestre, ao promover simultaneamente a redução de emissões, a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos ecossistemas terrestres (Bruiyan et al., 2025).

Dessa forma, a silvicultura, compreendida de maneira integrada, envolvendo florestas plantadas, restauração florestal e manejo sustentável de paisagens, configura-se como um dos principais vetores para a transição climática no setor de uso da terra no Brasil. Ao conciliar produção, conservação e mitigação, os sistemas florestais manejados oferecem uma base técnica e científica sólida para o enfrentamento da crise climática, ao mesmo tempo em que fortalecem a agenda de desenvolvimento sustentável no país.

3.1.2 Estoque e sequestro de carbono em sistemas silviculturais

Os sistemas silviculturais desempenham papel central na mitigação das mudanças climáticas ao atuarem como importantes reservatórios e sumidouros de carbono (Ino et al., 2026). O estoque de carbono nesses sistemas resulta da integração entre a biomassa vegetal, acima e abaixo do solo, e o carbono orgânico acumulado nos horizontes do solo, cuja dinâmica é fortemente influenciada pelo

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

tipo de cobertura florestal, pelo manejo adotado e pelo histórico de uso da terra (Qasha et al., 2025; Oni et al., 2026).

O carbono estocado na biomassa aérea, representado principalmente por troncos, galhos, folhas e casca, corresponde à fração mais visível e frequentemente mensurada nos inventários florestais. Em florestas plantadas, essa fração apresenta elevada taxa de acúmulo em função do rápido crescimento das espécies utilizadas e da condução silvicultural orientada à produtividade (Shuai et al., 2024). A biomassa subterrânea, composta por raízes grossas e finas, embora menos quantificada, representa parcela significativa do carbono total do sistema, desempenhando papel estratégico na estabilidade do estoque ao longo do tempo, sobretudo por sua contribuição à formação e proteção do carbono orgânico do solo (Qasha et al., 2025).

O carbono orgânico do solo constitui um dos compartimentos mais relevantes nos sistemas florestais, podendo representar a maior fração do carbono total em ecossistemas terrestres. Em florestas plantadas e áreas restauradas, o COS é influenciado por fatores como aporte de serapilheira, renovação radicular, atividade microbiana e práticas de manejo (Nascimento et al., 2013; Araújo; Moreira; Neves, 2020). Evidências indicam que, quando implantadas sobre áreas previamente degradadas, florestas plantadas e projetos de restauração florestal tendem a promover incremento gradual dos estoques de carbono do solo, revertendo processos históricos de perda associados à conversão do uso da terra (Araújo; Moreira; Neves, 2020; Oni et al., 2026). Esse processo, contudo, ocorre de forma lenta e dependente da manutenção da cobertura florestal e da adoção de práticas conservacionistas.

A comparação entre florestas naturais, florestas plantadas e áreas em regeneração revela padrões distintos de estoque e dinâmica do carbono (Araújo; Moreira; Neves, 2020). Florestas naturais maduras apresentam, em geral, os maiores estoques totais de carbono, tanto na biomassa quanto no solo, em função da complexidade estrutural, da diversidade de espécies e da estabilidade ecológica ao longo do tempo. No entanto, sua capacidade líquida de sequestro anual tende a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

ser menor quando comparada a florestas jovens ou plantadas, uma vez que o sistema se aproxima de um equilíbrio dinâmico (Braga; Braga; Venturin, 2022).

As florestas plantadas, por sua vez, destacam-se pelo elevado potencial de sequestro anual de carbono, sobretudo nas fases iniciais de crescimento, contribuindo de forma expressiva para a remoção de CO_2 da atmosfera (Ino et al., 2026). Todavia, a avaliação de sua efetividade climática não pode restringir-se ao fluxo anual de carbono, devendo considerar critérios centrais como adicionalidade, permanência e vazamento, que condicionam a integridade ambiental dos sumidouros florestais. Embora os estoques totais de carbono em florestas plantadas sejam, em geral, inferiores aos observados em florestas naturais maduras, sua relevância climática amplia-se quando inseridas em sistemas produtivos que geram ganhos adicionais ao cenário de referência (business-as-usual) e reduzem pressões indiretas sobre ecossistemas nativos (Braga; Braga; Venturin, 2022).

Do ponto de vista da adicionalidade e da permanência, a literatura indica que florestas naturais maduras concentram os maiores estoques de carbono na biomassa e, sobretudo, no solo, porém apresentam fluxos anuais reduzidos em função do equilíbrio dinâmico do sistema (Braga; Braga; Venturin, 2022). O carbono orgânico do solo configura-se como o reservatório mais estável, embora sua recuperação seja lenta e dependente da manutenção da cobertura florestal e de práticas conservacionistas de longo prazo, sob risco de reversão das remoções acumuladas (Araújo; Moreira; Neves, 2020; Qasha et al., 2025). Nesse sentido, florestas plantadas e áreas em regeneração, quando estabelecidas sobre áreas previamente degradadas, apresentam ganhos adicionais relevantes, desde que assegurada a permanência dos estoques ao longo do tempo.

No que se refere ao vazamento (l*eakage*), a silvicultura comercial desempenha papel estratégico ao suprir a demanda por madeira, fibras e energia em áreas já antropizadas, reduzindo a pressão por conversão de florestas nativas e mitigando deslocamentos indiretos de emissões (Ino et al., 2026). Adicionalmente, o impacto climático das florestas plantadas é potencializado pelo efeito de substituição, uma vez que produtos florestais de vida longa, como celulose, painéis

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

e madeira para a construção civil, funcionam como reservatórios de carbono fora da floresta e substituem materiais intensivos em emissões, como aço e concreto. Esse mecanismo amplia a mitigação ao longo da cadeia produtiva, consolidando a silvicultura como pilar da bioeconomia de baixo carbono e circular (Silva; Silva, 2025; IBÁ, 2025).

As áreas em regeneração natural ocupam posição intermediária nesse continuo, combinando taxas significativas de sequestro com incremento progressivo dos estoques de carbono, especialmente quando protegidas de novos distúrbios e integradas a estratégias de restauração em escala de paisagem (Araújo; Moreira; Neves, 2020).

Portanto, a integração entre florestas naturais, florestas plantadas e áreas em regeneração constitui abordagem estratégica para maximizar a efetividade climática no setor de uso da terra, ao conciliar altos estoques, elevados fluxos de sequestro, redução de vazamentos e ganhos por substituição. Essa articulação fortalece, de forma sinérgica, as contribuições da silvicultura para o ODS 13 (Ação Climática) e o ODS 15 (Vida Terrestre) no contexto brasileiro (Braga; Braga; Venturin, 2022; Bruiyan et al., 2025).

3.2 Restauração florestal como estratégia climática e de conservação

3.2.1 Restauração em larga escala no brasil

A restauração florestal em larga escala consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos eixos estratégicos da política ambiental e climática brasileira, assumindo papel central na mitigação das mudanças climáticas, na conservação da biodiversidade e na recuperação de serviços ecossistêmicos. Esse movimento é impulsionado tanto por compromissos internacionais quanto por instrumentos nacionais que reconhecem a restauração como elemento estruturante para o desenvolvimento sustentável e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 13, e o ODS 15 (Bruiyan et al., 2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

Entre os principais marcos institucionais, destaca-se o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), que estabelece a meta de restaurar milhões de hectares de áreas degradadas no território nacional, articulando conservação ambiental, produção sustentável e geração de benefícios socioeconômicos. O Planaveg está alinhado às Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) assumidas pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris, nas quais a restauração florestal figura como estratégia-chave para a redução de emissões e para o aumento das remoções de carbono pelo setor de uso da terra (Chazdon et al.,2022). Ademais, a adesão do país à Década da Restauração de Ecossistemas (2021–2030), proclamada pela Organização das Nações Unidas, reforça o caráter prioritário dessa agenda, ao reconhecer a restauração como solução baseada na natureza capaz de integrar mitigação climática, adaptação e conservação da biodiversidade (Chazdon et al.,2022; Lopes; Chiavari, 2024).

No contexto brasileiro, a restauração em larga escala não se restringe a uma única abordagem, mas compreende um conjunto diversificado de estratégias, adaptadas às condições ecológicas, socioeconômicas e produtivas dos diferentes biomas. A regeneração natural, por exemplo, tem sido reconhecida como uma alternativa altamente eficiente em termos de custo-benefício, sobretudo em áreas onde ainda persistem fontes de propágulos e conectividade com remanescentes florestais. Quando protegidas de novos distúrbios, áreas em regeneração natural apresentam elevado potencial de sequestro de carbono e recuperação progressiva da biodiversidade, desempenhando papel relevante na consolidação de paisagens mais resilientes (Braga; Braga; Venturin, 2022; IBÁ, 2025).

A restauração ativa, por sua vez, é adotada em contextos nos quais a degradação do solo, a fragmentação da paisagem ou a ausência de regeneração espontânea inviabilizam processos naturais de sucessão (Neitzel; Gomes, 2023). Essa abordagem envolve o plantio de espécies nativas, o controle de espécies invasoras e a adoção de práticas de manejo que favoreçam a recomposição estrutural e funcional dos ecossistemas. Embora apresente custos iniciais mais elevados, a restauração ativa é fundamental para acelerar a recuperação de áreas críticas e ampliar os estoques de carbono na biomassa e no solo, especialmente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

em regiões historicamente submetidas a uso intensivo da terra (Braga; Braga; Venturin, 2022; Neitzel; Gomes, 2023).

Ademais, os mosaicos produtivos emergem como estratégia integradora entre restauração florestal, silvicultura e produção agropecuária sustentável. Ao combinar áreas restauradas, florestas plantadas e sistemas produtivos de baixo impacto, como sistemas agroflorestais e silvipastoris, os mosaicos produtivos contribuem para a diversificação da paisagem, a conectividade ecológica e a geração de renda, reduzindo a pressão sobre florestas nativas. Essa abordagem favorece a ampliação dos benefícios climáticos da restauração ao mesmo tempo em que fortalece a viabilidade econômica e social das iniciativas em escala territorial (Neitzel; Gomes, 2023; Lopes; Chiavari, 2024).

Dessa forma, a restauração em larga escala no Brasil configura-se como um processo multifuncional, no qual diferentes estratégias, regeneração natural, restauração ativa e mosaicos produtivos, atuam de forma complementar (Neitzel; Gomes, 2023). Quando integradas a políticas públicas consistentes, mecanismos de financiamento e sistemas de monitoramento, essas abordagens ampliam significativamente o potencial da silvicultura e da restauração florestal para a mitigação climática, a conservação da biodiversidade e o alcance das metas estabelecidas na Agenda 2030 (Silva; Luns; Rodrigues Filho, 2021).

3.2.2 Benefícios climáticos e ecológicos da restauração

A restauração florestal constitui uma das principais soluções baseadas na natureza para o enfrentamento das mudanças climáticas, ao integrar processos de mitigação, resiliência e adaptação em escala de paisagem. Ao promover a recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas, a restauração contribui diretamente para a remoção de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera por meio do sequestro de carbono na biomassa vegetal e no solo, reduzindo o saldo líquido de emissões do setor de uso da terra. Esse papel mitigador é particularmente relevante em países tropicais como o Brasil, onde o potencial de recuperação de estoques de carbono é elevado em função das condições climáticas favoráveis ao crescimento florestal.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

Além da mitigação, a restauração florestal fortalece a resiliência dos ecossistemas frente a eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, chuvas intensas e ondas de calor. A recuperação da estrutura florestal contribui para a regulação microclimática, a proteção do solo contra processos erosivos e a melhoria da infiltração e retenção de água, reduzindo a vulnerabilidade das paisagens restauradas a distúrbios climáticos. Esses efeitos ampliam a capacidade de adaptação dos sistemas socioecológicos, ao assegurar maior estabilidade funcional e reduzir riscos associados à variabilidade climática futura.

Do ponto de vista ecológico, a restauração florestal desempenha papel central na recuperação da biodiversidade, ao favorecer o restabelecimento de habitats, o aumento da complexidade estrutural da vegetação e a reconexão de fragmentos florestais. Áreas restauradas, especialmente quando integradas a remanescentes nativos, tendem a apresentar incremento progressivo na riqueza e abundância de espécies da flora e da fauna, contribuindo para a recomposição de processos ecológicos essenciais, como polinização, dispersão de sementes e ciclagem de nutrientes. Esses processos são fundamentais para a sustentabilidade de longo prazo dos ecossistemas restaurados e para a manutenção de seus estoques de carbono.

A restauração também promove a recuperação de serviços ecossistêmicos estratégicos, incluindo a regulação hídrica, a conservação do solo, o controle biológico de pragas e a provisão de recursos naturais. Esses serviços extrapolam os benefícios ambientais diretos, refletindo-se em ganhos sociais e econômicos, como a melhoria da segurança hídrica, a redução de riscos de desastres naturais e o fortalecimento de sistemas produtivos mais sustentáveis. Em contextos de restauração em larga escala, tais benefícios tendem a ser potencializados, sobretudo quando as iniciativas são planejadas em nível de bacia hidrográfica ou de paisagem.

No âmbito da Agenda 2030, os benefícios climáticos e ecológicos da restauração florestal se traduzem em contribuições diretas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A restauração atua de forma explícita no ODS 13, ao promover a mitigação das emissões, ampliar os sumidouros de carbono e fortalecer

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

a adaptação aos impactos das mudanças climáticas. Simultaneamente, contribui de maneira estruturante para o ODS 15, ao recuperar ecossistemas degradados, conservar a biodiversidade e promover o uso sustentável dos recursos naturais terrestres. Dessa forma, a restauração florestal consolida-se como estratégia transversal, capaz de integrar metas climáticas, ecológicas e de desenvolvimento sustentável no contexto brasileiro (Bruiyan et al., 2025).

3.3 Florestas plantadas e sustentabilidade climática

3.3.1 Florestas plantadas no contexto brasileiro

As florestas plantadas ocupam posição estratégica no desenvolvimento econômico, produtivo e ambiental do Brasil, consolidando-se como um dos principais pilares da bioeconomia nacional e da transição para uma economia de baixo carbono (Silva; Silva, 2025). A silvicultura comercial brasileira, baseada majoritariamente em espécies como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., caracteriza-se por elevados níveis de produtividade, uso intensivo de tecnologia, manejo florestal sustentável e integração crescente com políticas ambientais e climáticas (IBÁ, 2025).

Do ponto de vista econômico e produtivo, o setor de florestas plantadas apresenta desempenho superior à média da economia nacional, com contribuição relevante para o Produto Interno Bruto (PIB), geração de empregos e fortalecimento da balança comercial (IBÁ, 2025; Silva; Silva, 2025). Em 2024, a cadeia produtiva de árvores plantadas alcançou aproximadamente 10,5 milhões de hectares, gerando mais de 2,8 milhões de empregos diretos e indiretos e registrando exportações recordes superiores a US$ 15 bilhões, com destaque para a liderança mundial do Brasil na exportação de celulose. Esses indicadores evidenciam a capacidade do setor de combinar competitividade internacional, inovação tecnológica e desenvolvimento regional, especialmente em áreas historicamente marcadas por baixa dinâmica econômica (IBÁ, 2025).

No campo ambiental, a silvicultura comercial desempenha papel relevante na mitigação das mudanças climáticas, na conservação dos recursos naturais e na

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

provisão de serviços ecossistêmicos (Marinho et al., 2024). As florestas plantadas brasileiras são majoritariamente estabelecidas sobre áreas antropizadas ou pastagens degradadas, evitando a conversão de ecossistemas nativos e contribuindo para a redução da pressão sobre florestas naturais. Além disso, os plantios florestais atuam como importantes sumidouros de carbono, ao sequestrar CO_2 da atmosfera durante o crescimento das árvores e ao estocar carbono tanto na biomassa quanto nos produtos florestais de longa duração (Araújo; Moreira; Neves, 2020; Oni et al., 2026).

Outro aspecto central é a integração entre produção e conservação, materializada por práticas como o plantio em mosaico, a manutenção de áreas de preservação permanente e reservas legais, e a certificação florestal em larga escala. O setor brasileiro de árvores plantadas conserva milhões de hectares de florestas nativas associadas às suas áreas produtivas, formando corredores ecológicos e contribuindo para a proteção da biodiversidade, dos recursos hídricos e do solo. Essa combinação entre florestas produtivas e áreas conservadas reforça o papel da silvicultura comercial como solução baseada na natureza, alinhada aos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil (Zhang et al., 2025).

Nesse sentido, as florestas plantadas no contexto brasileiro extrapolam a função estritamente produtiva e configuram-se como instrumentos estratégicos para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 13 o ODS 15. Ao articular geração de renda, eficiência produtiva, mitigação climática e conservação ambiental, a silvicultura comercial brasileira demonstra que é possível conciliar desenvolvimento econômico e sustentabilidade, posicionando o país como referência internacional em produção florestal responsável e em soluções climáticas baseadas no uso sustentável da terra (Zhang et al., 2025).

3.3.2 Contribuições das florestas plantadas para os ODS 13 e 15

As florestas plantadas exercem papel estratégico no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 e 15, ao integrarem mitigação climática, uso eficiente da terra e conservação de ecossistemas naturais. No contexto brasileiro, a silvicultura comercial apresenta elevado potencial para

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

contribuir simultaneamente com a redução das emissões de gases de efeito estufa e com a proteção da biodiversidade, desde que conduzida sob princípios de sustentabilidade ambiental e planejamento territorial (Bruiyan et al., 2025)..

Uma das principais contribuições das florestas plantadas ao ODS 13 refere-se ao sequestro e armazenamento de carbono. Plantios florestais de rápido crescimento atuam como sumidouros eficientes de CO_2 atmosférico, acumulando carbono na biomassa aérea, subterrânea e no solo ao longo do ciclo produtivo. Além disso, os produtos florestais oriundos desses sistemas, como madeira serrada, painéis e celulose, possibilitam a substituição de materiais intensivos em carbono, como aço, concreto e combustíveis fósseis, ampliando o efeito mitigador da silvicultura ao longo de toda a cadeia produtiva. Essa substituição representa uma estratégia relevante de descarbonização da economia, especialmente em setores industriais e da construção civil, reforçando o papel das florestas plantadas como elemento-chave da bioeconomia de baixo carbono (IBÁ, 2025; Ino et al., 2026).

Outro aspecto central diz respeito à redução da pressão sobre florestas nativas, diretamente relacionada ao ODS 15. Ao suprirem a demanda por madeira, energia e fibras industriais em áreas já antropizadas, as florestas plantadas contribuem para diminuir a exploração predatória de ecossistemas naturais e a conversão de áreas de vegetação nativa. No Brasil, grande parte dos plantios florestais está associada à conservação de extensas áreas de florestas nativas destinadas a reservas legais e áreas de preservação permanente, formando paisagens multifuncionais que conciliam produção e conservação. Essa estratégia fortalece a proteção da biodiversidade, a conectividade ecológica e a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a conservação do solo (Lopes; Chiavari, 2024; Bruiyan et al., 2025).

Entretanto, as contribuições das florestas plantadas aos ODS 13 e 15 não estão isentas de desafios e trade-offs. A simplificação estrutural e florística de monocultivos florestais pode limitar os ganhos em biodiversidade quando comparados a florestas naturais ou áreas restauradas com espécies nativas. Além disso, o uso intensivo da terra em determinadas regiões levanta preocupações

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

relacionadas à disponibilidade hídrica, ao consumo de água pelas culturas florestais e aos impactos cumulativos em escala de bacia hidrográfica. Questões paisagísticas, como fragmentação e homogeneização da matriz territorial, também demandam atenção no planejamento silvicultural (Dutra et al., 2024).

Ademais, a silvicultura brasileira atua como uma *Solução Baseada na Natureza* (SbN) central para a Agenda 2030, ao articular instrumentos estratégicos como o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) e as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). Diferentemente de nações industrializadas, cujo perfil de emissões é predominantemente associado aos setores energéticos e de transportes, o Brasil apresenta uma matriz de emissões fortemente condicionada ao uso da terra, o que confere à a silvicultura um eixo crítico de governança climática e ambiental, conforme sintetizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Operacionalização Estratégicas dos ODS

ODS	Metas/Indicadores Operacionalizados	Implicações para a Silvicultura no Brasil
13: Ação Climática	Redução de emissões líquidas; Ampliação de sumidouros (NDCs).	Foco na remoção via restauração ativa e manejo de rápido crescimento para bioeconomia.
15: Vida Terrestre	Proteção da biodiversidade via Planaveg; Reversão da degradação.	Implementação de mosaicos que conectam remanescentes nativos a áreas produtivas.

Fonte: os autores (2026)

Essa operacionalização contribui para converte metas genéricas em diretrizes práticas, fundamentadas no desempenho do setor florestal brasileiro e alinhada às diretrizes da Década da Restauração da ONU, fortalecendo a integração entre mitigação climática, conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável (IBÀ, 2025).

Diante desses desafios, a literatura e os relatórios técnicos apontam que a maximização dos benefícios climáticos e ecológicos das florestas plantadas depende da adoção de arranjos produtivos integrados, como o plantio em mosaico, a diversificação de espécies, a manutenção de corredores ecológicos e a articulação com áreas de restauração florestal e regeneração natural. Essas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

estratégias permitem mitigar impactos negativos, ampliar os ganhos ambientais e fortalecer a contribuição da silvicultura comercial para a mitigação das mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade, alinhando de forma mais equilibrada os objetivos do ODS 13 e do ODS 15 no contexto brasileiro (Dutra et al., 2024; Bruiyan et al., 2025).

3.4 Integração entre silvicultura, clima e biodiversidade

A integração entre silvicultura, mitigação climática e conservação da biodiversidade tem sido progressivamente reconhecida como eixo estruturante para o enfrentamento da crise climática no setor de uso da terra (Zhang et al., 2025). Evidências científicas e institucionais indicam que estratégias isoladas, sejam exclusivamente produtivas ou estritamente conservacionistas, apresentam limitações quando aplicadas em larga escala. Em contraste, abordagens integradas que articulam florestas plantadas, restauração ecológica e conservação de ecossistemas naturais ampliam significativamente os benefícios climáticos e ecológicos, especialmente em países tropicais como o Brasil.

As sinergias entre florestas plantadas, restauração e conservação manifestam-se, primeiramente, na complementaridade funcional desses sistemas. Florestas plantadas, ao concentrarem a produção de madeira, fibras e energia em áreas já antropizadas, reduzem a pressão sobre remanescentes nativos, ao passo que áreas restauradas e em regeneração natural contribuem para a recomposição da conectividade ecológica, da biodiversidade e dos estoques de carbono de longo prazo. Estudos recentes apontam que paisagens que combinam esses diferentes usos apresentam maior estabilidade ecológica e maior eficiência climática quando comparadas a arranjos homogêneos de uso da terra (Lopes; Chiavari, 2024; IBÀ, 2025)

Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) emergem como paradigma central para a integração entre produção florestal, mitigação climática e conservação. A literatura destaca que práticas como restauração florestal, regeneração natural assistida, manejo sustentável de florestas plantadas e conservação de áreas naturais configuram SbN capazes de gerar benefícios

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

simultâneos para o clima, a biodiversidade e o bem-estar humano. Relatórios institucionais ressaltam que o setor de florestas, agricultura e outros usos da terra concentra algumas das oportunidades de mitigação de menor custo e maior impacto global, especialmente quando essas soluções são implementadas de forma planejada e integrada em escala territorial (Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, 2025; Oni et al., 2026).

O manejo em escala de paisagem constitui elemento-chave para potencializar essas sinergias. Abordagens paisagísticas permitem considerar fluxos ecológicos, hidrológicos e climáticos que extrapolam os limites de propriedades individuais, favorecendo o planejamento de mosaicos produtivos, corredores ecológicos e áreas prioritárias para restauração e conservação. Evidências apresentadas nos estudos carregados indicam que paisagens multifuncionais são mais resilientes a eventos climáticos extremos, como secas, incêndios florestais e chuvas intensas, além de apresentarem maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas futuras (Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, 2025; Zhang et al., 2025)

Para avaliar a efetividade dessa integração, torna-se fundamental o uso de indicadores de desempenho climático e ecológico. Entre os principais indicadores climáticos destacam-se os estoques e fluxos de carbono na biomassa e no solo, as taxas de sequestro anual de CO_2 e a redução líquida de emissões associadas ao uso da terra. No âmbito ecológico, indicadores como riqueza e abundância de espécies, conectividade de habitats, integridade do solo e qualidade dos recursos hídricos são amplamente utilizados para mensurar os ganhos decorrentes da restauração e do manejo florestal sustentável. A literatura aponta que sistemas integrados tendem a apresentar melhor desempenho simultâneo nesses indicadores, quando comparados a sistemas exclusivamente produtivos ou estritamente conservados (Dutra et al., 2024; IBÁ, 2025).

Assim, a integração entre silvicultura, clima e biodiversidade representa uma abordagem estratégica para maximizar os benefícios das florestas plantadas e da restauração no cumprimento dos ODS 13 e ODS 15. Ao alinhar produção florestal, conservação e mitigação climática por meio de Soluções Baseadas na Natureza e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

planejamento em escala de paisagem, o Brasil fortalece sua capacidade de responder à crise climática de forma eficiente, inclusiva e ambientalmente sustentável (Dutra et al., 2024; Bruiyan et al., 2025).

3.5 Análise e Discussão conceitual de carbono, silvicultura e mitigação climática

A literatura analisada converge de forma consistente ao indicar que o setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas ocupa posição central no balanço de emissões e remoções de carbono no Brasil, distinguindo o país de economias industrializadas cuja matriz emissora é dominada pelos setores energético e de transportes. Os achados de Martins et al. (2025), Marinho et al. (2024) e Oni et al. (2026) reforçam que o desmatamento e a degradação florestal continuam sendo os principais vetores das emissões nacionais, ao comprometerem grandes estoques de carbono acumulados na biomassa e no solo. Essa constatação é corroborada por evidências empíricas que associam a conversão de ecossistemas naturais a perdas significativas de carbono orgânico do solo, especialmente em regiões tropicais (Silva; Luns; Rodrigues Filho, 2021; Qasha et al., 2025).

No mais, evidenciou-se que as estratégias de mitigação climática no Brasil são estruturalmente dependentes do desempenho do setor florestal. A redução do desmatamento aparece como a medida de maior impacto imediato e menor custo relativo, enquanto a restauração florestal e o manejo sustentável configuram estratégias complementares de médio e longo prazo, capazes de ampliar os sumidouros de carbono e fortalecer a resiliência das paisagens. Nesse sentido, os autores convergem ao apontar que não se trata de alternativas excludentes, mas de componentes integrados de uma mesma agenda climática (IBÁ, 2025; Martins et al., 2025; Pedrollo, 2025).

No que se refere aos estoques e fluxos de carbono em sistemas silviculturais, a literatura analisada demonstra padrões claros e complementares. Estudos pedométricos e meta-análises (Shuai et al., 2024; Qasha et al., 2025) indicam que o carbono orgânico do solo representa a fração mais estável e volumosa do carbono total em ecossistemas florestais, sendo fortemente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

influenciado pelo tipo de cobertura vegetal, pela qualidade da serapilheira e pelas práticas de manejo. Trabalhos conduzidos em contextos brasileiros reforçam que florestas plantadas e áreas em regeneração, quando implantadas sobre áreas previamente degradadas, apresentam potencial significativo de recuperação gradual dos estoques de carbono do solo, embora esse processo seja mais lento que o acúmulo na biomassa aérea (Nascimento et al., 2013; Araújo; Moreira; Neves, 2020; Braga; Braga; Venturin, 2022).

A comparação entre florestas naturais, plantadas e áreas em regeneração evidencia um trade-off recorrente na literatura: enquanto florestas naturais maduras concentram os maiores estoques totais de carbono, as florestas plantadas apresentam maiores taxas anuais de sequestro, sobretudo nas fases iniciais de crescimento (Ino et al., 2026; Braga; Braga; Venturin, 2022), conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Comparativo técnico de sistemas florestais.

Sistema	Estoque de Carbono	Taxa de Sequestro	Diversidade Biológica
Natural (Madura)	Muito Alto	Baixa (Equilíbrio)	Máxima
Plantada	Moderado	Muito Alta	Limitada (Monocultivo)
Restauração Ativa	Crescente	Alta	Média a Alta
Regeneração Natural	Gradual	Moderada/Alta	Alta (Custo-efetiva)

Fonte: os autores (2026)

Essa distinção é fundamental para a formulação de políticas públicas e estratégias climáticas, pois indica que a maximização dos benefícios climáticos no setor de uso da terra, que depende da complementaridade entre conservação, restauração e produção florestal, e não da priorização exclusiva de um único sistema.

No campo da restauração florestal em larga escala, os estudos analisados apontam avanços institucionais relevantes no Brasil, especialmente a partir do Planaveg, das NDCs e da adesão à Década da Restauração de Ecossistemas (Chazdon et al., 2022; Lopes; Chiavari, 2024). A comparação entre essas fontes revela que a restauração deixou de ser apenas uma estratégia ambiental e passou

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

a ocupar lugar central na agenda climática e de desenvolvimento. Contudo, os autores também indicam entraves persistentes, como insegurança fundiária, limitações de financiamento e assimetrias institucionais, que condicionam a efetividade das iniciativas em escala territorial.

A análise comparativa entre regeneração natural, restauração ativa e mosaicos produtivos evidencia que não existe uma solução única aplicável a todos os contextos. A regeneração natural é amplamente reconhecida como alternativa custo-efetiva em áreas com alta resiliência ecológica (IBÁ, 2025; Braga; Braga; Venturin, 2022), enquanto a restauração ativa torna-se indispensável em paisagens severamente degradadas (Neitzel; Gomes, 2023). Os mosaicos produtivos, por sua vez, emergem como estratégia integradora capaz de conciliar mitigação climática, geração de renda e conectividade ecológica, alinhando-se às recomendações de planejamento em escala de paisagem (Lopes; Chiavari, 2024).

Os benefícios climáticos e ecológicos da restauração, amplamente discutidos na literatura, extrapolam o sequestro de carbono. A recomposição da cobertura florestal contribui para a regulação microclimática, a estabilidade hidrológica e a redução da vulnerabilidade a eventos extremos (Bruiyan et al., 2025; Dutra et al., 2024). Do ponto de vista ecológico, a restauração promove ganhos progressivos de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, reforçando sua contribuição direta aos ODS 13 e 15. A convergência entre os autores indica que esses benefícios são maximizados quando as ações de restauração são planejadas de forma integrada e monitoradas por indicadores climáticos e ecológicos consistentes.

No que concerne às florestas plantadas, a literatura evidencia seu papel estratégico na bioeconomia brasileira e na transição para uma economia de baixo carbono (Silva; Silva, 2025; IBÁ, 2025). Os estudos analisados convergem ao indicar que a silvicultura comercial, quando estabelecida sobre áreas antropizadas e conduzida sob princípios de sustentabilidade ambiental, contribui simultaneamente para o sequestro de carbono, a substituição de materiais intensivos em emissões e a redução da pressão sobre florestas nativas (Oni et al., 2026; Zhang et al., 2025).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

Entretanto, a literatura alerta para os trade-offs ambientais associados a determinados modelos de produção florestal, especialmente os monocultivos florestais, o quais podem gerar impactos negativos sobre a biodiversidade, a disponibilidade hídrica e a homogeneização da paisagem (Dutra et al., 2024). Esses condicionantes e seus respectivos mecanismos de mitigação são sintetizados no Quadro 4.

Quadro 4 – Matriz de Condições e Trade-offs

Relação	Impacto Observado	Medida de Mitigação
Sinergia	Produção florestal e Proteção Hídrica	Manejo em escala de paisagem.
Trade-off	Monocultivo versus. Biodiversidade	Uso de mosaicos e corredores (Zhang et al., 2025).
Trade-off	Crescimento versus Recursos Hídricos	Planejamento em escala de bacia hidrográfica.

Fonte: os autores (2026)

A integração entre silvicultura, clima e biodiversidade, discutida de forma transversal nos estudos analisados, emerge como elemento-chave para superar esses trade-offs. Evidências apontam que paisagens multifuncionais, que combinam florestas plantadas, áreas restauradas e remanescentes naturais, apresentam maior eficiência climática e maior resiliência ecológica quando comparadas a arranjos homogêneos de uso da terra (Zhang et al., 2025; Lopes; Chiavari, 2024). Essa abordagem está alinhada ao conceito de Soluções Baseadas na Natureza, amplamente defendido por relatórios institucionais e pela literatura recente (Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, 2025; Oni et al., 2026).

Nesse ponto, Qasha et al. (2025) e Ino et al. (2026) sustentam a necessidade de métricas robustas de carbono (especialmente solo), enquanto Dutra et al. (2024) reforça a necessidade de monitorar emissões e efetividade das políticas de uso da terra. Portanto, a lacuna que se evidencia é metodológica e de governança: falta padronizar e operacionalizar indicadores que integrem I - carbono (estoques e fluxos), II - biodiversidade (estrutura/conectividade) e III - serviços ecossistêmicos (água/solo) para comparar arranjos de paisagem e orientar políticas e investimento (Qasha et al., 2025; Lopes; Chiavari, 2024; Dutra et al., 2024).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

Portanto, ao conectar essa discussão aos ODS, verifica-se a contribuição aos ODS 13 e 15 é maximizada quando ações climáticas não são tratadas como “projetos de carbono” isolados, mas como transição do uso da terra com base em ciência, governança e cobenefícios. Em síntese: o ganho climático é maior quando o ganho ecológico é garantido, e ambos dependem de permanência, planejamento e monitoramento (Bruiyan et al., 2025).

4. Considerações Finais

Conclui-se que a efetividade climática do setor florestal depende da integração entre evitar emissões, isto é, redução do desmatamento e da degradação, aumentar remoções, que inclui, restauração e regeneração, e produzir com sustentabilidade, sendo o manejo de florestas plantadas e arranjos multifuncionais. A síntese da literatura indica que estratégias isoladas são insuficientes: ganhos consistentes em mitigação e conservação emergem quando conservação, restauração e produção são planejadas em escala de paisagem, com governança territorial e foco em permanência do carbono.

Os achados apontam que o uso da terra permanece como principal determinante do balanço de emissões e remoções no país, tornando o controle do desmatamento a medida de maior impacto imediato; além disso, que o carbono do solo é componente decisivo e mais estável do estoque total, porém sua recuperação é mais lenta e sensível ao histórico de uso e ao manejo, exigindo métricas robustas e horizonte de longo prazo; e que há um trade-off recorrente entre estoque total, maior em florestas naturais, e taxa anual de sequestro, maior em florestas jovens/plantadas, o que reforça a necessidade de complementaridade entre sistemas que engloba: conservação; restauração; e produção, além de salvaguardas para biodiversidade e água, especialmente em contextos de monocultivos e homogeneização da paisagem.

Recomenda-se priorizar a hierarquia climática no uso da terra, visando evitar, reduzir, restaurar e compensar com políticas de comando, controle e incentivos econômicos convergentes. Ademais, ampliar a restauração por portfólio de estratégias, sendo: regeneração natural, restauração ativa e mosaicos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

produtivos, escolhidas por critérios ecológicos e socioeconômicos. Outrossim, padronizar um painel mínimo de indicadores climáticos e ecológicos, integrando carbono, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, para orientar investimento, monitoramento e accountability.

Por fim, que seja fortalecida a governança territorial e ordenamento em nível de paisagem para reduzir trade-offs e maximizar cobenefícios, consolidando a silvicultura como vetor de transição para uma economia de baixo carbono alinhada aos ODS 13 e 15.

Agradecimentos

Agradecemos à universidade Federal do Tocantins (UFT), pelo suporte acadêmico, científico e estrutural oferecido ao longo da execução do estudo. Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPGCFA/UFT), pelo ambiente científico, pelas contribuições acadêmicas e pelo incentivo à produção de conhecimento voltado à sustentabilidade e ao planejamento ambiental.

Referências

ARAÚJO, Y. R. V.; MOREIRA, Z. C. G.; NEVES, A. I. Estoque de carbono e de biomassa em vegetação com diferentes estágios de regeneração e alterações antrópicas em área urbana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, 2020.

BARDIN, L.. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edição 70, 2016.

BHUIYAN, M. R. U.; DUTTA, A.; UDDIN, G. S.; AHMED, A. Readiness, riskiness and renewables: country-level readiness and innovation in renewable energy under macroeconomic uncertainty. **Sustainable Futures,** v. 10, p. 101158, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101158

BRAGA, R. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N. Carbono orgânico no solo sob mata nativa e florestas plantadas em longo prazo. **Pesquisa Florestal Brasileira,** v. 42, e202002121, 2022. DOI: https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e202002121

CHAZDON, R. L.; CHAVES, R. B.; CALMON, M.; SIQUEIRA, L. P.; JUNQUEIRA, R. G. P. Experiências de governança da restauração de ecossistemas e paisagens

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

no Brasil. **Estudos Avançados,** v. 36, n. 106, p. –, set./out. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36106.013

COALIZÃO BRASIL CLIMA, FLORESTAS E AGRICULTURA. **Propostas para uma transição climática global para o setor do uso da terra**. Brasília, DF: Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, 2025. Disponível em: https://coalizaobr.com.br/cop30

DUTRA, D. J.; SILVEIRA, M. V. F.; MATAVELI, G.; FERRO, P. D.; MAGALHÃES, D. S.; MEDEIROS, T. P.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C. Challenges for reducing carbon emissions from land-use and land cover change in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 22, n. 3, p. 213–218, jul./set. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.04.004

GHASEMI, K.; DOLATKHAHI, K.; QELICHI, M. M.; AZADI, H. Assessing urban management resilience in response to rapid urbanization and climate change: a case study of Tehran. **Urban Climate,** v. 64, p. 102678, dez. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102678

GORAIN, S.; DUTTA, S.; BALO, S.; MALAKAR, A.; CHOUDHURY, M. R.; DAS, S. Harnessing green wealth: a two-decade global assessment of forest carbon sequestration and credits and the economic implications of sustainable forest management practices. **Journal of Environmental Management**, v. 393, p. 126987, out. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126987

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório anual 2025**. Brasília, DF: Ibá, 2025. Disponível em: https://iba.org/publicacoes/relatorios

JOHN, A.; RIAT, A. K.; BHAT, K. A.; GANIE, S. A.; ENDARTO, O.; NUGROHO, C.; HANDOKO, H.; WANI, A. K. Adapting to climate extremes: implications for insect populations and sustainable solutions. **Journal for Nature Conservation**, v. 79, p. 126602, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126602

LAZARO, L. L. B.; USURIAGA-NAJERA, O. C.; NETO, A. H.; GRIMONI, J. A. B.; JACOBI, P. R. Climate commitments and energy transition pledges in Latin America: where is the region headed? **Energy for Sustainable Development**, v. 88, p. 101779, Oct. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esd.2025.101779

LIU, X.; REICH, P. B.; TISSUE, D. T.; ZHOU, G.; LIE, Z.; WU, T.; ZHOU, S.; ROCCI, K.; XIAO, M.; WU, G.; LIU, D.; XU, P.; ZHAO, M.; YAN, J.; ZHANG, D.; TANG, X.; CHU, G.; LIU, S.; MENG, Z.; ZHANG, Q.; LIU, J. Long-term moderate warming shifts soil carbon cycling but maintains carbon sinks in a subtropical forest. **One Earth,** v. 9, n. 1, p. 101465, jan. 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101465

LOPES, C. L.; CHIAVARI, J. **Restauração em escala no Brasil: fatores essenciais para a sua promoção**. Rio de Janeiro: CPI/PUC-Rio, 2024.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

MARINHO, L. dos S. B.; DIAS, M. A. N.; SILVA, S. A. B. da; SOUSA, I. D. de; LUIZ, J. R. dos S.; SOUZA, P. A. de; SANTOS, A. F. dos. Arborização como solução para a qualidade de vida da População: instrumento natural de regulação da temperatura. **Revista Delos**, *[S. l.]*, v. 17, n. 62, p. e3097, 2024. DOI: https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n62-065

MARTINS, J. M.; SILVA, E. F.; DINIZ, F. F.; BEPPLER, M.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; COELHO JÚNIOR, L. M. By-products of sustainable forest management plans in the Brazilian Amazon biome: potential location for forest-based power plants. **Sustainable Futures,** v. 10, p. 101400, dez. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101400

NASCIMENTO, A. F. J.; SILVA, T. O.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO FILHO, R. N.; DANTAS, T. V. P. Quantificação de serapilheira no fragmento florestal Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. Semina: Ciências Agrárias, [S. l.], v. 34, n. 6, supl. 1, p. 3271–3284, 2013. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3271

NEITZEL, R. P.; GOMES, J. P. Métodos para reversão da alteração ambiental: recuperação passiva ou ativa? **Revista Latino-Americana de Sustentabilidade (rLAS),** v. 5, n. 3 (esp.), 2023.

ONI, B. A.; ONI, O. Y.; SUNDAY, O.; OJO, V. O.; ODOFIN, O. L. Synergizing climate mitigation and circular economy: a comprehensive review for achieving carbon neutrality. **Green Technologies and Sustainability,** v. 4, n. 2, p. 100319, abr. 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100319

QASHA, V.; MANYEVERE, A.; FLYNN, T.; MASHAMAITE, C. V. Pedometric approaches to assess soil organic carbon dynamics in forest ecosystems: a review. **Pedosphere,** 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2025.07.017

QUINTÃO, J. M. B.; CANTINHO, R. Z.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; MARACAHIPES, L.; BUSTAMANTE, M. M. C. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura,** São Paulo, v. 73, n. 1, p. 38–42, jan./mar. 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602021000100004

SANTOS, A. S. A.; ARAÚJO, M. S. B.; ANTONINO, A. C. D.; SANTOS, C. R.; PRIMO, D. C.; TABOSA, J. N. Soil carbon stocks after eucalyptus planting to replace sugarcane cultivation. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales,** São José dos Pinhais, v. 16, n. 5, p. 2236–2252, 2023. DOI: https://doi.org/10.55905/revconv.16n.5-017

SILVA, A. R.; LUNZ, A. M.; RODRIGUES FILHO, J. A. Eucalyptus development and carbon sequestration in an integrated production system in São Domingos do Araguaia, PA. **Proceedings of the World Congress on Climate Change and Forestry**, p. 218–221, 2021.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/01/2026 - **Accepted:** 31/01/2026
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/y118my15
Pages: 1-30

SILVA, C. C. S.; SILVA, M. F. O. Bioeconomia e setor florestal no Brasil: uma análise comparativa entre os anos censitários de 2006 e 2017. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 22, n. 1, p. 118–129, 2025. DOI: https://doi.org/10.22481/ccsa.v22i1.16925

SOUSA, P. R. G. de; SALVATIERRA, L. Análise de conteúdo de livros didáticos do PNLD 2020 sobre Educação Ambiental. Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 18, n. 41, p. 1–15, 2022.

SHUAI, Q.; XUE, J.; DAI, L.; HUANG, Y.; JIN, D.; CHEN, Z.; LI, M.; SHI, Z.; CHEN, S. The effects of land use change on soil organic carbon stock in China: a meta-analysis with the empirical modeling approach. **Geoderma Regional**, v. 36, e00774, mar. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00774Get rights and content

PAGE, M. J.; McKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HROBJARTSSON, A.; LAL, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; McDONALD, S.; McGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Revista Panamericana de Salud Pública, Washington**, DC, v. 46, e112, 2022. DOI: 10.26633/RPSP.2022.112

PEDROLLO, C. T. Assessing motivators and barriers for the adoption of productive forest restoration in Northeastern Pará, **Brazilian Amazon. Environmental Challenges,** v. 21, p. 101351, Dec. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101351

ZHANG, B.; LAN, K.; YANG, F.; PIOTTO, D.; ASHTON, M.; YAO, Y. Mosaicos inovadores de reflorestamento em terras marginais no bioma Mata Atlântica, de importância global, podem gerar benefícios climáticos e econômicos conjuntos. **One Earth**, v. 8, n. 5, p. 101306, maio 2025. DOI: 10.1016/j.oneear.2025.101306