

Originais recebidos em 29/08/2024. Aceito para publicação em 28/04/2025.

Avaliado pelo sistema double blind peer review. Publicado conforme normas da ABNT.

Open access free available online.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35700/2359-0599.2025.19.3797>

Sequestro de carbono e práticas de sustentabilidade no Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira: resultados e perspectivas

Rafael Ferreira de Oliveira - <https://orcid.org/0009-0004-7374-813X>¹

Lilian Vilela Andrade Pinto - <https://orcid.org/0000-0001-8738-8893>²

Bruno Manoel Rezende de Melo - <https://orcid.org/0000-0002-6930-1093>³

RESUMO

A conservação ambiental e a restauração florestal são essenciais para a sustentabilidade, enquanto a participação de estudantes fortalece a formação acadêmica com experiência prática. Este estudo teve como objetivos apresentar as atividades do Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira, conectando-as aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, quantificar o sequestro de carbono por meio da conservação e restauração florestal por meio das técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, e destacar a participação dos alunos do IFSULDEMINAS no processo. Entre janeiro de 2019 e abril de 2024, realizaram-se diagnósticos em propriedades rurais por meio de imagens de satélite e levantamentos de campo para identificar áreas destinadas à

¹ Engenheiro Ambiental pelo IFSULDEMINAS, com MBA em Gestão Estratégica de Pessoas em andamento pelo SENAC Minas e especialização também em andamento em Consultoria Ambiental pela Faculdade Focus. Atua como Engenheiro Ambiental na Decarbon Tech - Engenharia e Consultoria Ambiental. Possui experiência em topografia, projetos de restauração ambiental e pesquisa em captura de carbono.

² Doutora em Ciências Florestais, com foco na recuperação de áreas degradadas em matas ciliares, nascentes, taludes e manejo de bacias hidrográficas. Atua na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, especialmente em restauração de ecossistemas e gestão hídrica. Docente no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Ministra disciplinas de Ecologia, Gestão de Recursos Hídricos e Legislação Ambiental em cursos de graduação e especialização.

³ Doutor em Agronomia com ênfase em Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras, com ampla experiência em cafeicultura, propagação de plantas, fruticultura, paisagismo e agricultura de precisão. Sua pesquisa foca na aplicação de técnicas avançadas para otimizar a produção agrícola em pequenas propriedades, especialmente no Sul de Minas Gerais.

conservação e restauração florestal e definir a necessidade de práticas conservacionistas do solo e tratamento de esgoto. Os estudantes participaram ativamente dessas ações, incluindo monitoramento de áreas restauradas. Como resultado, 64 propriedades foram regularizadas, 153 hectares de Mata Atlântica foram conservados e 61,74 hectares restaurados, com um sequestro estimado de 144.780 tCO₂eq em 20 anos, contribuindo para a mitigação climática (ODS 13) e a proteção ambiental (ODS 15). O projeto também implementou barraginhas e biodigestores, aprimorando a gestão hídrica (ODS 6) e impulsionando o desenvolvimento sustentável. A parceria público-privada, viabilizada por Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), reforça um modelo eficaz de cooperação (ODS 17). Além dos benefícios ecológicos, o Núcleo 2 fortaleceu a formação acadêmica dos estudantes, capacitando futuros profissionais para enfrentar desafios ambientais.

Palavras-chave: Restauração florestal; Plantio de mudas; Regeneração natural; Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; Agenda 2030.

Carbon sequestration and sustainability practices in Nucleus 2 of the Mantiqueira Conservation Plan: results and perspectives

ABSTRACT

Environmental conservation and forest restoration are essential for sustainability, while student participation strengthens academic training with practical experience. This study aimed to present the activities of Nucleus 2 of the Mantiqueira Conservation Plan, connecting them to the Sustainable Development Goals, to quantify carbon sequestration through forest conservation and restoration using seedling planting and natural regeneration techniques, and to highlight the participation of IFSULDEMINAS students in the process. Between January 2019 and April 2024, diagnostics were carried out on rural properties using satellite images and field surveys to identify areas designated for forest conservation and restoration and to define the need for soil conservation practices and sewage treatment. Students actively participated in these actions, including monitoring restored areas. As a result, 64 properties were regularized, 153 hectares of Atlantic Forest were preserved and 61.74 hectares were restored,

with an estimated sequestration of 144,780 tCO₂eq in 20 years, contributing to climate mitigation (SDG 13) and environmental protection (SDG 15). The project also implemented small dams and biodigesters, improving water management (SDG 6) and boosting sustainable development. The public-private partnership, made possible by Payment for Environmental Services (PES), reinforces an effective cooperation model (SDG 17). In addition to the ecological benefits, Núcleo 2 strengthened the academic training of students, training future professionals to face environmental challenges.

Keywords: Forest restoration; Seedling planting; Natural regeneration; Sustainable Development Goals (SDGs); 2030 Agenda.

1 INTRODUÇÃO

A conservação ambiental e o sequestro de carbono são temas fundamentais para a promoção da sustentabilidade, especialmente em regiões como a Mantiqueira, abrangidas pelo Plano Conservador da Mantiqueira (PCM). Com a ambiciosa meta de reflorestar 1,5 milhão de hectares, o PCM visa atingir esse objetivo por meio da prática de restauração florestal do bioma mata atlântica em 425 municípios. Esse esforço abrange os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro e conta com o respaldo de políticas públicas, capacidade técnica e governança municipal (Conservador da Mantiqueira, 2024). Os 425 municípios foram agrupados em 25 núcleos e o Núcleo 2 emerge como um protagonista nesse contexto, implementando e valorizando ações de conservação e restauração florestal, agricultura sustentável e saneamento ambiental.

Os estudantes do IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes* desempenham um papel essencial na execução dessas ações, atuando em atividades de campo, como diagnósticos ambientais, georreferenciamento de áreas, planejamento e implementação de técnicas de restauração. Eles também participam do monitoramento de áreas restauradas, contribuindo para a avaliação da regeneração natural e do crescimento das mudas plantadas.

No Núcleo 2 do PCM, as atividades desenvolvidas pelos estudantes do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*, alinham-se aos princípios da extensão

universitária. A experiência adquirida fortalece sua formação acadêmica ao integrar ensino, pesquisa e extensão, desenvolvendo competências técnicas e socioambientais. Além disso, as ações contribuem para a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas, gerando benefícios tanto para os estudantes quanto para as comunidades envolvidas. A Resolução CNE/CES 07/2018 estabelece diretrizes para a extensão universitária, promovendo a interação entre universidade e sociedade.

"Art. 3º A Extensão na Educação Superior Brasileira é a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa.

Art. 4º As atividades de extensão devem compor, no mínimo, 10% (dez por cento) do total da carga horária curricular estudantil dos cursos de graduação, as quais deverão fazer parte da matriz curricular dos cursos." (Brasil, 2018).

A restauração florestal se apresenta como uma ferramenta fundamental diante dos desafios atuais, destacando-se na mitigação das mudanças climáticas e na conservação da biodiversidade (Holl; Brancalion, 2020). Além de sustentar a biodiversidade, essas áreas desempenham um papel vital na proteção do solo, evitando a degradação, e na oferta de recursos indispensáveis como oxigênio e água. As florestas também funcionam como refúgio para a fauna e fornecem sementes que estimulam a restauração florestal em áreas adjacentes (Coelho-Junior *et al.*, 2021). Ademais, o carbono armazenado acima do solo nas florestas é fundamental para mitigar as mudanças climáticas, agindo como um importante sumidouro de carbono (Vannhellefont *et al.*, 2024). O dióxido de carbono (CO₂) absorvido pelas plantas na presença de luz é utilizado no processo da fotossíntese para a produção de matéria orgânica, a qual é essencial para o crescimento (acúmulo de biomassa) e manutenção dos processos vitais das plantas (Silva *et al.*, 2007).

Existem diversas técnicas para fomentar a restauração florestal, as quais variam de acordo com as condições específicas da área em questão e seu potencial de regeneração natural. Quando a capacidade de regeneração natural é alta, adota-se a restauração passiva como estratégia predominante. Esta

abordagem consiste em permitir que a área se recupere de forma espontânea, com intervenções mínimas para isolar o local de fatores de degradação, como incêndios e a entrada de animais (Sampaio *et al.*, 2021). Já em áreas que apresentam solo degradado, cobertura por gramíneas invasoras com crescimento agressivo e não há presença de fragmentos florestais próximos, há a necessidade de uma restauração florestal ativa, sendo o plantio de mudas a técnica mais utilizada. Os estudantes também contribuem nessas atividades, auxiliando no plantio, no cercamento de áreas e no manejo de espécies nativas, fortalecendo sua formação acadêmica e profissional na área ambiental.

Vários elementos, como as condições climáticas e do solo, juntamente com a idade das árvores e a diversidade das espécies presentes, têm o potencial de afetar a capacidade de armazenamento de carbono na biomassa tanto aérea quanto radicular dos ecossistemas florestais (Brown; Lugo, 1990). A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ - USP, 2013) e a Fundação SOS Mata Atlântica (2013) estimam que uma árvore absorve aproximadamente 8,16 kg de dióxido de carbono (CO_2) por ano, totalizando cerca de 163,14 kg de CO_2eq ao longo dos primeiros 20 anos de vida. Nas áreas de pastagem degradada, Ribeiro *et al.* (2011) consideram os valores de estoque de carbono de $0,42 \text{ tC ha}^{-1}$, correspondendo a $1,54 \text{ tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$. Carvalho e Pinto (2023) observaram um incremento médio anual de $1,91 \text{ tCeq ha}^{-1}$, correspondente a $5,73 \text{ tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ em áreas de regeneração natural em pastagem do bioma mata atlântica com fitofisionomia de floresta estacional semidecidual. De acordo com Lemos, Vital e Pinto (2010), o estoque de carbono acima do solo (ECAS) é de 121 tCeq ha^{-1} e o incremento de carbono anual (ICA) é de $3,8 \text{ tCeq ha}^{-1}$ para as áreas de conservação da mata existente. Conforme folhas, galhos e outros detritos orgânicos caem no solo e sofrem decomposição, o carbono se acumula neste meio, em áreas de formação florestal os estoques de carbono orgânico do solo tendem a aumentar, enquanto em áreas destinadas à agricultura, esses estoques tendem a diminuir, conforme descrito por Bonan (2023). Na Mata Atlântica, onde a cobertura florestal é predominante, foi contabilizado um estoque médio de carbono orgânico no solo (COS) de 50 tCeq ha^{-1} , a uma profundidade de 0 a 30 cm, em um período com evolução temporal de

36 anos (1985 a 2021) (MapBiomas, 2023).

Além do reflorestamento, projetos de preservação da mata existente, práticas de conservação do solo e de tratamento de efluentes são importantes ações a serem implantadas nas propriedades rurais, pois auxiliam na segurança hídrica dela. O reflorestamento, a conservação dos fragmentos de mata e a construção de barraginhas de captação de água da chuva contribuem para o aumento da taxa de infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, aumentando a retenção de água subterrânea (Santos, 2011). A instalação de biodigestores pode ser uma prática complementar importante, pois, além de fornecer benefícios ambientais e econômicos, contribui para a melhoria da qualidade hídrica da propriedade, por meio do tratamento dos resíduos orgânicos e da redução da poluição hídrica. O esgoto passa por processos de tratamento para reduzir poluentes e é direcionado para a biodigestão anaeróbia. Isso resulta em esgoto tratado, lodo estabilizado e biogás, que são menos agressivos ao meio ambiente, prevenindo a contaminação de recursos hídricos e do solo, conforme FORTLEV (2021).

O objetivo deste trabalho foi apresentar as atividades do Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira, conectá-las aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, quantificar o sequestro de carbono promovido pela conservação da mata existente e pela restauração florestal por meio das técnicas de plantio de mudas e regeneração natural, e destacar a participação dos alunos do IFSULDEMINAS no processo (Figura 1).

Figura 1 - Equipe de adequação ambiental das propriedades (Restauração florestal)

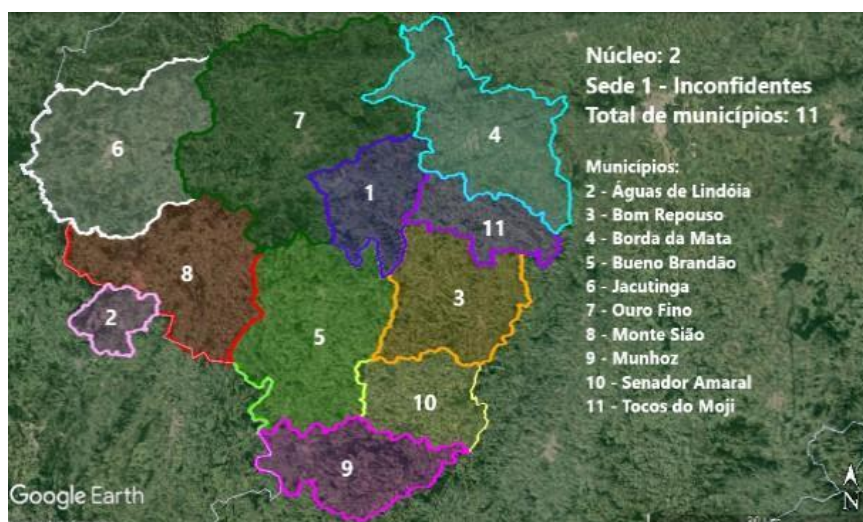


Fonte: Autores

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa é dedicada ao levantamento das ações do Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira (PCM), que tem o município de Inconfidentes - MG, como piloto e abrange outros 10 municípios (Figura 2), com a participação ativa dos estudantes no desenvolvimento e implementação das ações.

Figura 2 - Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira, com ênfase na sede localizada no município de Inconfidentes, Minas Gerais, e nos demais municípios participantes.



Fonte: Autores

A avaliação das propriedades rurais no Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira é um processo minucioso e coordenado, conduzido in loco por uma equipe técnica do IFSULDEMINAS - *Campus Inconfidentes*, com a colaboração de parceiros fomentadores. Essa equipe tem a responsabilidade de identificar e delimitar as áreas que necessitam de conservação e recuperação, contribuindo para a preservação da biodiversidade local, a captura de dióxido de carbono da atmosfera e a mitigação das mudanças climáticas. Durante o diagnóstico, são georreferenciados os locais adequados para a instalação de bebedouros para dessedentação de animais (Figura 3), biodigestores (Figura 4), cercas, barraginhas para captação de água da chuva (Figura 5) e para a manutenção das estradas rurais dentro das propriedades.

Figura 3 - Bebedouros para dessedentação de animais



Fonte: Autores

Figura 4 - Instalação de biodigestores



Fonte: Autores

Figura 5 - Barraginha para captação de água da chuva



Fonte: Autores

As visitas às propriedades são organizadas conforme o cadastro dos produtores rurais, com agendamentos realizados por telefone ou *WhatsApp*. Nessas visitas, participam representantes da equipe técnica e alunos do IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes. Os alunos, que incluem bolsistas, estagiários e voluntários dos cursos técnicos e superiores, desempenham papel essencial sob a supervisão dos professores e técnicos do *campus*, participando de atividades de extensão e pesquisa. Suas responsabilidades incluem:

- diagnósticos em campo;
- elaboração de mapas e relatórios;
- plantio de mudas;
- monitoramento das áreas restauradas.

Essa abordagem permite que os alunos adquiram experiência prática e capacitação técnica, além de contribuir significativamente para as atividades do projeto.

É importante destacar que alguns municípios do Núcleo 2 adotaram legislações específicas que incentivam as práticas de conservação e recuperação ambiental por meio do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Exemplos disso incluem Inconfidentes, com o Projeto Conservador do Mogi; Bueno Brandão, com o Projeto Conservador do Campo Místico; e Ouro Fino, com o Projeto Mais Árvore Mais Água. Essas iniciativas remuneraram os proprietários rurais pelas ações de conservação, como o plantio de mudas de espécies nativas da Mata

Atlântica em áreas degradadas e o isolamento de áreas para promover a regeneração natural.

A relevância das parcerias é outro ponto fundamental para o sucesso do projeto. Instituições públicas, como prefeituras, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e o Instituto Federal do Sul de Minas, além de entidades privadas, como Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), a empresa Comissária Exportadora e Importadora (Comexim), e Organizações Não Governamentais (ONGs), como a TNC (*The Nature Conservancy*) e o Programa Raízes do Mogi, desempenham papéis essenciais na viabilização das ações de conservação e restauração florestal.

Por meio dessas ações integradas e colaborativas, o Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira não apenas promove a restauração ambiental e a captura de carbono, mas também fortalece a formação de futuros líderes e multiplicadores de boas práticas ambientais em níveis local, regional e nacional, considerando a diversidade de alunos do IFSULDEMINAS provenientes de todo o Brasil.

Para determinar o estoque de C_{eq} e de CO_2eq em áreas designadas para restauração florestal, foram distinguidas as áreas de plantio de mudas e de regeneração natural.

Com o intuito de estimar o carbono sequestrado nas áreas onde foram implantados os projetos com Regeneração Natural (RN), utilizou-se como referência o valor de estoque de CO_2eq e C_{eq} de Ribeiro *et al.* (2011), que são de $1,54 \text{ tCO}_2eq \text{ ha}^{-1}$ e $0,42 \text{ tC}_{eq} \text{ ha}^{-1}$ para o Estoque de Carbono Acima do Solo (ECAS). Adicionalmente foi utilizado o valor de $1,91 \text{ tC}_{eq} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ como Incremento de Carbono Anual (ICA) equivalente nas áreas de RN (Carvalho; Pinto, 2023). Além disso, foi considerada a estimativa de Carbono Orgânico no Solo (COS) fornecida por MapBiomass (2023), que é de $50 \text{ tC}_{eq} \text{ ha}^{-1}$ para áreas de cobertura florestal na Mata Atlântica com evolução temporal de 36 anos.

Com base nessas informações, a equação empregada para calcular o estoque de carbono total ao longo de 20 anos nas áreas onde ocorreram RN é a seguinte:

$$\text{Equação 1: Estoque de carbono } tC_{eq} \text{ (RN)} = A \times (ECAS + (COS \times 20/36) +$$

(ICA x 20 anos))

Onde: A = área do projeto em (ha); ECAS = Estoque de Carbono Acima do Solo; COS = estoque de Carbono Orgânico do Solo, sendo utilizado a razão de 20 por 36 anos para indicar o período de estoque proposto nesta pesquisa; IAC = incremento de carbono anual.

Simplificando Equação 1: Estoque total de carbono tCeq (RN) = $A \times (0,42 + (50 \times 20/36) + (1,91 \times 20 \text{ anos}))$

Para estimar o carbono sequestrado nas áreas de reflorestamento das APPs com o plantio de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica e nas áreas degradadas onde foram implantados os projetos de reflorestamento, utilizou-se como referência o valor da ESALQ - USP (2013) e da Fundação SOS Mata Atlântica (2013) - 8,16 kgCO₂eq árvore⁻¹ ano⁻¹, que equivale a 0,00222 tCeq árvore⁻¹ ano⁻¹ Incremento de Carbono anual por Muda (ICM). Adicionalmente, considerou-se a estimativa de COS fornecida por MapBiomas (2023) por hectare de área em restauração.

Com base nesses dados, a equação utilizada para calcular o estoque total de carbono ao longo de 20 anos nas áreas onde ocorreram o plantio de mudas (PM) é:

Equação 2: Estoque de carbono tCeq (PM) = $(A \times (COS \times 20/36)) + (QM \times ICM \times 20 \text{ anos})$.

Onde: A = área do projeto em (ha); QM = Quantidade de Mudanças; ICM = Incremento de Carbono anual por Muda em tC; COS = Estoque de Carbono Orgânico do Solo, sendo utilizado a razão de 20 por 36 anos para indicar o período de estoque proposto nesta pesquisa;

Simplificando: Estoque de carbono tCeq (PM) = $(A \times (50 \times 20/36)) + (QM \times 0,00222 \times 20 \text{ anos})$

A fim de estimar o carbono estocado nas áreas onde ocorreu a conservação da mata existente durante um período de 20 anos, utilizou-se o valor de estoque e incremento/fluxo de carbono de Lemos, Vital e Pinto (2010), em que o ECAS é 121 tCeq ha⁻¹ e o ICA é de 3,8 tCeq ha⁻¹. Adicionalmente, considerou-se a estimativa de COS fornecida por MapBiomas (2023), que é de 50 tCeq ha⁻¹ para áreas de cobertura florestal na Mata Atlântica com evolução temporal de 36 anos

(1985 à 2021). Com base nesses dados, a equação utilizada para calcular o estoque total de carbono em 20 anos na mata conservada é a seguinte:

Equação 3: Estoque total de carbono tCeq =

$A \times (ECAS + (COS \times 20/36) + (ICA \times 20 \text{ anos}))$

onde:

A = área do projeto em (ha); ECAS = Estoque de Carbono Acima do Solo; COS = estoque de Carbono Orgânico do Solo, sendo utilizado a razão de 20 por 36 anos para indicar o período de estoque proposto nesta pesquisa; IAC = incremento de carbono anual.

Simplificando: Estoque total de carbono tCeq = $A \times (121 + (50 \times 0,55) + (3,8 \times 20))$

Para estimar a geração de Certificados de Redução de Emissões (CREs), onde cada CRE corresponde a uma tCO₂eq, foi realizada uma multiplicação. O valor total de tCeq foi multiplicado por 3,67 para obter o valor de tCO₂eq, conforme Tito (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante um período de 4 anos e 3 meses (de janeiro de 2019 a abril de 2024), as iniciativas do Plano Conservador da Mantiqueira (PCM) - Núcleo 2 envolveram 153 visitas aos produtores rurais para a realização de 108 diagnósticos das propriedades, resultando na regularização ambiental de 64 propriedades, em conformidade com as exigências do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Os estudantes do IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes tiveram participação ativa em todas as etapas do projeto, sob a supervisão de professores e técnicos e contribuíram para diagnósticos ambientais, mapeamento e georreferenciamento das áreas, elaboração de relatórios técnicos para implementação de estratégias de conservação e recuperação ambiental e no monitoramento das áreas restauradas. Além disso, auxiliaram o plantio de mudas (Figura 6) e a instalação de cercas.

Figura 6 - Participação dos alunos no plantio de mudas



Fonte: Autores

Essa experiência permitiu que os estudantes adquirissem habilidades técnicas e científicas fundamentais para sua formação profissional, além de fortalecer o engajamento com práticas sustentáveis e a proteção ambiental (Quadro 1).

Quadro 1 - Iniciativas voltadas para a conservação e restauração da vegetação nativa no Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira.

Ações	Nº de propriedades	Área florestal (ha)	Conservação (ha)	Restauração / plantio de mudas (ha)	Regeneração natural (ha)	Cerca (km)	PSA (recebendo)	PSA (apto a receber)
Total diagnosticado	108	281,08	204,18	48,48	28,42	65,98	10	6
Total adesão	64	215,56	153,82	39,30	22,44	52,06	10	2

Fonte: Conservador da Mantiqueira (2024).

Para a instituição, o projeto representa uma significativa relevância, proporcionando a formação integral dos alunos por meio de sua participação ativa em diversas iniciativas de extensão, pesquisa, inovação e ensino. Isso inclui a realização de dias de campo, a atuação como estagiários (aproximadamente 60 alunos já cumpriram horas de estágio em diversas áreas do projeto) e contribuição em reportagens para rádio e televisão. Além disso, os estudantes participam ativamente da organização de eventos técnico-científicos, marcam presença em eventos científicos e datas comemorativas como o Dia Mundial do Meio Ambiente, o Dia da Árvore e o Dia da Água.

No âmbito da pesquisa, o projeto oferece oportunidades tanto para alunos com quanto sem bolsa — até o momento, 16 alunos já foram contemplados com bolsas de estudo. Destaca-se também a inovação presente, exemplificada pelo Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Resistência à geada de espécies arbóreas-arbustivas em diferentes técnicas de restauração florestal", uma contribuição inédita na área de abrangência do projeto, que envolve 425 municípios.

Além disso, o projeto promove o ensino de forma abrangente, englobando alunos de todas as modalidades (técnico, superior e pós-graduação), permitindo que participem ativamente de todas as etapas do projeto, enriquecendo assim sua formação acadêmica e profissional. Os resultados do projeto vêm sendo divulgados para a sociedade por meio de publicações científicas (8 Trabalhos de Conclusão de Curso e 19 resumos expandidos, finalizados e em andamento), reportagens para rádio e tevê, como por exemplo duas reportagens para o Globo Rural, publicações semanais em redes sociais e a organização de eventos técnico-científicos, como o 1º Seminário Restaura Mantiqueira, além de diversas palestras em instituições de ensino, câmara de vereadores e até no Cairo, capital do Egito, no evento "Advancing Corporate Decarbonization – Public and Private Synergies and Future Regulatory Frameworks" durante o período da COP27.

Entre as ações já executadas ou com previsão de execução, destacam-se a conservação de 153,82 hectares de Mata Atlântica em estágio sucessional secundário médio e avançado e a restauração de 61,74 hectares de áreas florestais. Para isso, foram empregadas técnicas de plantio de mudas (39,3 ha),

com o plantio de 51.666 mudas nativas da Mata Atlântica, e de regeneração natural (22,44 ha), além da construção de 52,06 quilômetros de cerca.

Ao promover a recuperação de áreas degradadas e o incremento da cobertura florestal, essas propriedades protegem a biodiversidade, contribuem para a regulação do ciclo hidrológico e conservam a qualidade do solo, alinhando-se com a Meta 15.1 do ODS 15. Essa restauração, conforme estabelecido pelo Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), sob os auspícios dos Ministérios do Meio Ambiente, Casa Civil, Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e Educação (Decreto nº 8.972/2017), visa aprimorar as características das propriedades, mitigar a erosão, diversificar fontes de renda, fomentar atividades de lazer, melhorar a qualidade da água, prevenir enchentes e enfrentar eventos climáticos extremos e a escassez de água no Brasil. As florestas desempenham importante papel na modificação das respostas hidrológicas das bacias hidrográficas, influenciando tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível. Os valores de infiltração em áreas florestais são significativamente maiores em comparação com outros usos da terra, como café e pastagem (Béjar-Pulido *et al.*, 2021). Elas também contribuem para o controle do excesso de escoamento a jusante, promovendo a infiltração e resultando em um fluxo mais uniforme ao longo do ano, o que reduz a erosão, a sedimentação e os níveis de poluentes no escoamento superficial e nas águas subterrâneas (Singh; Kar; Reddy, 2023). Dessa forma, as florestas não apenas protegem o ambiente e a água, mas também sustentam uma variedade de serviços ecossistêmicos essenciais para a sociedade.

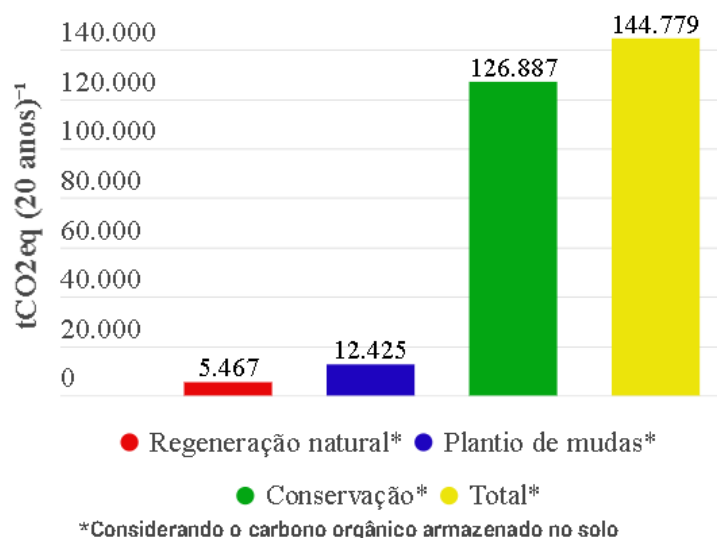
A implementação das ações de conservação e restauração florestal não apenas visa a revitalização dos ecossistemas naturais (ODS 15), mas também promove um impacto socioambiental altamente positivo. A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como o novo Código Florestal, estabelece o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em seu artigo 41. Este artigo determina a compensação financeira por atividades que promovam a conservação e a melhoria dos ecossistemas. As atividades contempladas incluem o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono; a conservação da beleza cênica natural; a conservação da biodiversidade;

a conservação das águas e dos serviços hídricos; a regulação do clima; a valorização cultural e do conhecimento tradicional ecossistêmico; a conservação e o melhoramento do solo; e a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito (Brasil, 2012). Incentivos econômicos como o PSA têm como objetivo promover uma mudança de comportamento, incentivando a manutenção ou recuperação dos serviços ecossistêmicos, que anteriormente eram considerados bens gratuitos (Sant'anna; Nogueira, 2012). Por meio do PSA, é possível recompensar um agricultor por proteger sua vegetação nativa ou recuperar áreas degradadas (Eloy; Coudel; Toni, 2013).

Até o momento, o projeto já alcançou um marco significativo ao envolver diretamente 10 proprietários, os quais estão sendo compensados financeiramente por meio do PSA. Esses proprietários, reconhecidos por seu compromisso com a preservação ambiental, desempenham um papel crucial na proteção e expansão das áreas florestais. Além disso, há ainda 2 proprietários elegíveis que estão em processo de adesão ao PSA, demonstrando um aumento no interesse e engajamento da comunidade local nas práticas de conservação. Essa abordagem não apenas fortalece os laços entre a comunidade e o meio ambiente, mas também estabelece um modelo sustentável de gestão de recursos naturais, beneficiando não só as gerações presentes, mas também as futuras.

As práticas do plantio de mudas nativas, regeneração natural e conservação da mata existente desempenham um papel crucial no sequestro de carbono e, conseqüentemente, na mitigação dos impactos das emissões de gases de efeito estufa. Nas áreas das propriedades que aderiram ao programa de regularização ambiental na área de abrangência do Núcleo 2 do PCM, estima-se que ao longo dos primeiros 20 anos de vida das árvores plantadas, ocorra o sequestro de aproximadamente 12.425 tCO₂. Além disso, as áreas em processo de regeneração natural contribuem para o sequestro adicional de cerca de 5.467 tCO₂ ao longo do mesmo período. Estima-se também que, ao longo dos primeiros 20 anos da implantação dos projetos de conservação florestal, ocorra o sequestro de aproximadamente 126.887 tCO₂ (Figura 7).

Figura 7 - Sequestro estimado de CO₂ resultante da restauração e conservação florestal ao longo de 20 anos no Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira.



Fonte: Autores

As áreas florestais têm uma capacidade significativa de absorver e armazenar carbono, reduzindo os níveis de dióxido de carbono na atmosfera e ajudando a mitigar o efeito estufa e as mudanças climáticas, conforme destacado no ODS 13. Segundo Tito (2009), através de projetos florestais que geram Certificados de Redução de Emissões (CREs), é possível contabilizar e negociar reduções de emissões em mercados internacionais. Assim, até o momento, as ações de restauração florestal e conservação florestal do Núcleo 2 do PCM poderiam negociar 7.238,98 CREs por ano por um período de 20 anos.

Integrado às ações de conservação e restauração florestal, outras ações que promovem impacto positivo na sustentabilidade das propriedades rurais e contribuem para a preservação dos recursos hídricos e do solo incluíram a construção de 81 barraginhas, 6 bigodes e 4 lombadas nas estradas de rolagem, a manutenção de 7,482 quilômetros de estradas rurais, bem como a instalação de 4 bebedouros e de 60 biodigestores (Quadro 2).

Quadro 2 - Implementação de boas práticas de conservação do solo e saneamento ambiental no núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira.

Ações	Barraginhas (unid.)	Bigodes (unid.)	Lombadas (unid.)	Estradas rurais (km)	Bebedouros (unid.)	Biodigestores (unid.)
Implantação	81	6	4	7,482	4	60

Fonte: Conservador da Mantiqueira (2024).

Essas ações de restauração florestal promovem uma gestão integrada e sustentável das propriedades rurais, fortalecem a resiliência dos ecossistemas e contribuem para o desenvolvimento sustentável regional.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo de 4 anos e 3 meses no Núcleo 2 do Plano Conservador da Mantiqueira (PCM) demonstram um progresso significativo em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A regularização ambiental de 64 propriedades, a conservação de 153 hectares de Mata Atlântica e a restauração de 61,74 hectares de áreas florestais refletem um compromisso sólido com a proteção do meio ambiente (ODS 15 - Vida Terrestre).

A estimativa de sequestro de aproximadamente 144.780 tCO₂eq ao longo de 20 anos, tanto por meio de plantio de mudas, da regeneração natural, quanto pela conservação florestal, evidencia um comprometimento com a mitigação das mudanças climáticas (ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima). Além disso, a implementação de práticas sustentáveis, como a construção de biodigestores, barraginhas, bigodes e lombadas, contribui para a gestão sustentável da água (ODS 6 - Água Limpa e Saneamento).

A participação ativa dos alunos do IFSULDEMINAS em diagnósticos, plantio de mudas e monitoramento das áreas restauradas, também tem um impacto significativo, alinhando-se com o ODS 4 (Educação de Qualidade). Essas atividades proporcionam aos alunos uma formação prática e robusta, capacitando-os para se tornarem líderes e multiplicadores em restauração florestal e conservação ambiental. Através de pesquisa, capacitação e divulgação de resultados, os alunos

são preparados para atuar em diferentes níveis, contribuindo para uma educação que promove habilidades práticas e conhecimentos aplicáveis à conservação do meio ambiente.

Por fim, o envolvimento de 10 proprietários, que estão sendo compensados financeiramente por meio de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), demonstra um modelo de parceria público-privada eficaz na promoção do desenvolvimento sustentável ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação). O trabalho realizado no Núcleo 2 do PCM não apenas beneficia as propriedades rurais e o meio ambiente local, mas também contribui para o alcance dos ODS, promovendo um futuro mais sustentável e equitativo.

REFERÊNCIAS

BÉJAR PULIDO, S. J.; et al. Evaluación y predicción de la infiltración en un Andosol bajo diferentes usos de suelo. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, México, v. 12, n. 7, p. 1-13, 2021.

BRANCALION, P. H. S.; HOLL, K. D. Guidance for successful tree planting initiatives. **Journal Of Applied Ecology**, [S.L.], Wiley, v. 57, n. 12, p. 2349-2361, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro. **Diário oficial da união**, Distrito Federal, 28 de maio de 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planaveg**: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa, Distrito Federal, MMA, 2017. 73 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação - CNE. **Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018**. Disponível em: https://www.imesp.org.br/wp-content/uploads/2018/12/RESOLU%C3%87%C3%830-CNE_CES-N%C2%BA-7-DE-18-DE-DEZEMBRO-DE-2018.pdf . 23 fev. 2025.

BONAN, G. **Seeing the Forest for the Trees**: Forests, Climate Change, and Our Future. Cambridge University Press, 2023. 1ª edição. 327 p.

BROWN, S.; LUGO, A. Forest Tropical Secondary. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge University, v. 6, n. 1, p. 1 - 32, 1990.

CARVALHO, D. S.; PINTO, L. V. A. Sequestro de carbono em diferentes técnicas de restauração florestal na unidade demonstrativa do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. In: **20º CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS**, 2023, Poços de Caldas. 2023. 12 p.

COELHO-JUNIOR, Marcondes G. et. al. Exploring Plural Values of Ecosystem Services: local peoples perceptions and implications for protected area management in the Atlantic forest of Brazil. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 1019, 20 jan. 2021.

CONSERVADOR DA MANTIQUEIRA. Disponível em:
<https://conservadordamantiqueira.org>. Acesso em: 22 maio 2024.

ELOY, L.; COUDEL, E.; TONI, F. **Implementando Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil**: caminhos para uma reflexão crítica. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 4, n. 1, p. 21-42, jul./dez. 2013.

ESALQ – USP. Uma árvore da Mata Atlântica chega a tirar 163kg de CO2 da atmosfera.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO ESALQ, 2013. Disponível em:
https://www.esalq.usp.br/acom/clipping_semanal/2013/3marco/23_a_29/files/assets/downloads/page0013.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.

Fabrica de Biodigestores FORTLEV. **Catálogo Técnico: A Solução Ideal para o Tratamento do Seu Esgoto Doméstico**. 2021.

IBGE. **Portal de Mapas**. Disponível em:
<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa223465>. Acesso em: 10 abr. 2024.

INCONFIDENTES. Decreto nº 1825 de 26 de abril de 2021. Altera o decreto nº 1.557 de 03 de janeiro de 2018 que cria o projeto Conservador do Mogi e autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais. **Inconfidentes, Minas Gerais**: Câmara Municipal, 2021.

INSTITUTO PRÍSTINO: **ATLAS DIGITAL GEOAMBIENTAL**. Sistema WebGis de livre acesso ao banco de dados ambiental. Disponível em:
<https://institutopristino.org.br/atlas/municipios-de-minas-gerais/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MapBiomass. Annual mapping of soil organic carbon stock in Brazil 1985-2021 (beta collection). **MapBiomass Data**, V1. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/DHAYLZ>. Acesso em: 15 abr. 2024.

RIBEIRO, S. C. et al. Análise econômica da implementação de projetos florestais para a geração de créditos de carbono em propriedades rurais na Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 009-019, mar. 2011.

SANT'ANNA, A. C.; NOGUEIRA, J. M. Economic Valuation of Environmental Services: Increasing the Effectiveness of PES Schemes in Developing Countries? **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 2, p. 1048-1057, 2012.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Florestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo em bacias hidrográficas do município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, v. 6, n. 3, p. 110- 126, 2011.

SAMPAIO, A. B.; et al. **Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, edição 1. Brasília, DF, 2021.

SILVA, B. A. O; FERREIRA, D. M.; MACEDO, M.; ANDRADE, P. P. **Elementos de Ecologia e Conservação**: Módulo 1. 2ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2007. 244p.

SINGH, O.; KAR, S. K.; REDDY, N. M. Impact of Forestry Interventions on Groundwater Recharge and Sediment Control in the Ganga River Basin. **Open Journal of Forestry**, v. 13, p. 13-31, 2023.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Cada árvore da Mata Atlântica chega a retirar 163 kg de gás carbônico da atmosfera**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/noticias/cada-arvore-da-mata-atlantica-chega-a-retirar-163-kg-de-gas-carbonico-da-atmosfera/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

TITO, M. R.; LEÓN, M. C.; PORRO, R. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais**. 1. ed. Belém, Brasil: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA), 2009. 81 p.

United Nations (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 25 maio 2024.

VANHELLEMONT, M.; LEYMAN, A.; GOVAERE, L.; DE KEERSMAEKER, L.; VANDEKERKHOVE, K. Site-specific additionality in aboveground carbon sequestration in set-aside forests in Flanders (northern Belgium). **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 7, 2024.

Os autores declaram participação na autoria conforme a Taxonomia CRediT da NISO (vide <https://credit.niso.org/>)

Conceituação	Metodologia	Software	Validação	Análise formal	Investigação	Recursos
[1]/[2]	[1]/[2]			[1]/[2]	[1]/[2]/[3]	
Curadoria	Primeira redação	Revisão/edição	Visualização	Supervisão	Admin. projeto	Financiamento
	[1]	[1]/[2]		[2]		