



ORGANIZADOR: Maurício Novaes Souza

# Tópicos em recuperação de Áreas Degradadas

*Volume VII*



ORGANIZADOR:  
Maurício Novaes Souza

Tópicos em recuperação de

# **Áreas Degradadas**

*Volume VII*

Canoas  
**2023**



## **ESTUDOS DE CASO:**

A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas  
na regeneração natural

Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não  
convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de  
café

Externalidades e impactos ambientais negativos: fator antrópico, capital natural  
e práticas agroecológicas mitigadoras

Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas:  
sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES

Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal

Importância das unidades de conservação como prática de preservação e  
educação ambiental no ensino escolar

Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleiro pós-Revolução Verde

Cultivo de batata-doce irrigada com águas residuárias tratada em pequenas  
propriedades rurais no semiárido

Agricultura 4.0: Agroecologia 5.0?

Pluriatividade no novo rural brasileiro e o papel da agroecologia

## **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Volume VII**

© 2023 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3>

### **Organizador**

Maurício Novaes Souza

### **Revisão ortográfica**

Maurício Novaes Souza

### **Adaptação da capa e desenho gráfico**

Luis Miguel Guzmán

### **Fotos da capa e contracapa**

Maurício Novaes Souza

Márcio Menegussi Menon



Canoas - RS - Brasil

[contact@meridapublishers.com](mailto:contact@meridapublishers.com)

[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.



#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

T674 Tópicos em recuperação de áreas degradadas [livro eletrônico] :  
volume VII / Organizador Maurício Novaes Souza. – Canoas, RS:  
Mérida Publishers, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84548-18-3

1. Meio ambiente – Preservação. 2. Áreas degradadas – Impactos ambientais. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Souza, Maurício Novaes.

CDD 577

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

## Dedicatória

A turma de mestrado do II semestre de 2023 do Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) do Ifes campus de Alegre apresenta um perfil distinto em comparação às turmas anteriores: faz parte de um programa que representa uma parceria estratégica com a Universidade Aberta Capixaba (UnAC), a Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação Profissional (Secti) e o Sistema Universidade do Espírito Santo - UniversidadES.

O grupo de alunos é composto principalmente por profissionais da área de educação, incluindo professores e funcionários de órgãos ambientais. Esta diversidade de origens e experiências certamente enriquece a dinâmica da turma.

Recentemente, os membros da turma participaram de uma visita técnica ao Sítio Jaqueira Agroecologia, propriedade do meu amigo Newton Campos: eterno entusiasta das causas agroecológicas e ambientais. Essa experiência provocou uma profunda reflexão sobre os conceitos de dedicação e persistência em mim. São evidentes que a maturidade e a vasta experiência dos alunos desta turma são recursos inestimáveis nesse cenário.

A jornada para alcançar o sucesso muitas vezes está repleta de desafios e obstáculos. A capacidade de nunca desistir e encontrar maneiras diferentes de persistir que faz a diferença. A fé, a perseverança e a motivação são componentes fundamentais para continuar avançando, mesmo quando o medo ou as adversidades tentam se impor. Lembrar constantemente das razões que nos motivaram a buscar mudanças e acreditar na possibilidade de moldar nosso próprio futuro são atitudes inspiradoras que nos impulsionam na direção de nossos sonhos.

Assim, dedicar o presente livro à turma do Mestrado do PPGA/UNAC é uma forma especial de reconhecer a importância dessa turma e a relevância das questões abordadas no presente livro. Essa dedicatória demonstra apreço e reconhecimento pelo comprometimento, dedicação e maturidade dos alunos que compõem essa turma, bem como pela parceria estabelecida com a UNAC e outras instituições.

Com certeza, essa dedicatória adiciona um elemento pessoal e profundo à nossa obra, enfatizando a ligação especial entre mim, como organizador, e todos vocês, coautores e leitores que formam esse grupo seleto de estudantes. Ela representa uma forma de demonstrar minha sincera gratidão e reconhecimento pela inspiração e motivação que essa turma proporcionou ao autor durante a criação e organização deste livro.

Gratidão!

Professor Maurício Novaes.

## Prefácio

Minhas reflexões sobre o impacto humano no meio ambiente e a degradação socioambiental têm sido o cerne da série de livros "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" que venho desenvolvendo. Esta série está intrinsecamente ligada às preocupações que me motivaram durante minha dissertação de mestrado no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (2002-2004).

Entender por que a humanidade continua a causar uma degradação socioambiental tão significativa, apesar do conhecimento existente, é um desafio verdadeiro. Inúmeros fatores estão em jogo, incluindo uma percepção fragmentada da realidade, interesses econômicos, falta de conscientização e políticas inadequadas. A questão da injustiça social também é central, pois está entrelaçada com inúmeros problemas ambientais.

Minha busca por compreender como nossa espécie evoluiu de um impacto insignificante no planeta para se tornar uma influência dominante é uma tentativa de abordar uma questão fundamental para a compreensão da trajetória humana e a busca de soluções para desafios contemporâneos.

Continuo a me aprofundar nesses temas, prosseguindo minhas pesquisas. O sétimo volume da série "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" visa abordar questões que são realmente relevantes e contribuem para uma discussão mais ampla sobre sustentabilidade, responsabilidade ambiental e justiça social.

No âmbito do Mestrado em Agroecologia, é essencial continuar explorando esses tópicos, compartilhando conhecimento e promovendo conscientização. Isso é fundamental para encontrar caminhos mais sustentáveis e equitativos para o futuro. Busco análises precisas que capturem a complexidade dos desafios relacionados à degradação ambiental e ao esgotamento dos recursos naturais.

O crescimento populacional sem precedentes, principalmente nas áreas urbanas, e os modelos de desenvolvimento baseado em consumo, agropecuária intensiva e urbanização industrial, têm sobrecarregado os ecossistemas e ultrapassado os "limites do crescimento". A poluição, o esgotamento de recursos

e a perda de resistência e resiliência dos ecossistemas são consequências claras desse padrão de desenvolvimento.

Embora a "Revolução Industrial" e a "Revolução Verde" tenham trazido benefícios significativos, não se podem ignorar os desafios ambientais substanciais que elas também geraram, incluindo a degradação de inúmeras áreas. É decisivo reconhecer que as externalidades negativas dessas revoluções têm repercussões de longo prazo no meio ambiente.

A implementação de mecanismos de retroalimentação compensatória, como os procedimentos de recuperação de áreas degradadas (RAD), desempenha um papel fundamental na restauração do equilíbrio em agroecossistemas. Essa abordagem busca mitigar os impactos e restabelecer um novo equilíbrio que leve em consideração a capacidade de regeneração dos ecossistemas.

Conscientização, práticas sustentáveis, modelos de desenvolvimento equilibrados e medidas de recuperação são etapas cruciais para enfrentar esses desafios e garantir a conservação do meio ambiente para as gerações futuras. A interdisciplinaridade e a colaboração entre diversas áreas do conhecimento também são essenciais para encontrar soluções eficazes.

É inspirador ver que alunos do Mestrado e da Pós-graduação do PPGA estão comprometidos com essas questões, contribuindo para discussões e ações relacionadas à recuperação de áreas degradadas e ao desenvolvimento de modelos de produções agropecuárias mais sustentáveis e menos agressivos.

Com questionamentos semelhantes que enriqueceram minha reflexão e proporcionaram esclarecimentos, os autores Araujo, Almeida e Guerra (2019) lançaram o livro "Gestão Ambiental de Áreas Degradadas", apresentando uma narrativa abrangente e uma discussão que engloba diversas técnicas e estratégias para a recuperação e restauração de áreas degradadas. O escopo dessas abordagens pode abranger desde a reabilitação do solo e da água até o replantio de espécies nativas, a criação de habitats adequados para a fauna e o controle da erosão, entre outras práticas específicas.

A seguir, apresento uma resenha adaptada deste livro, elaborada por Marlon Alves Peçanha da Silva, aluno e meu orientado formado em Engenharia

Ambiental. Realizou a resenha durante a disciplina de Agroecologia que lecionei no Mestrado em Agroecologia do PPGA do Ifes, localizado no campus de Alegre.

### **Referência da obra:**

ARAUJO, G. H. S; ALMEIDA, J. R. DE; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. São Cristóvão, RJ: Editora Bertrand Brasil LTDA, 2019. 320p.

### **Título do livro e autores: “Gestão Ambiental de Áreas Degradadas”.**

Gustavo Henrique de Sousa Araujo possui mestrado em Fitotecnia pela Universidade Rural do Rio de Janeiro e especialização em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Josimar Ribeiro de Almeida é um pesquisador com pós-doutorado em Tecnologia Ambiental pela Universidade de São Paulo, além de experiência em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Saúde Ambiental pela Fundação Oswaldo Cruz.

Antônio José Teixeira Guerra é um pesquisador pós-doutorado em Erosão dos solos, com formação pela Universidade de Oxford e Universidade de Wolverhampton.

### **A tese central do livro:**

A discussão geralmente aborda uma ampla gama de técnicas e estratégias para a recuperação e restauração de áreas degradadas. Essas abordagens podem abranger desde a reabilitação do solo e da água até o replantio de espécies nativas, a criação de habitats adequados para a fauna e o controle da erosão, entre outras práticas específicas.

### **Os questionamentos do livro:**

Quais são os desafios e impedimentos que surgem no contexto da gestão ambiental de áreas degradadas? Quais estratégias e técnicas são mais eficazes para a recuperação e reabilitação dessas áreas? Como realizar um diagnóstico e avaliação precisos da degradação ambiental em um local específico? De acordo com os autores, "o livro busca ir além de ser apenas um manual de gestão ambiental de áreas degradadas, pois também explora questões relacionadas ao diagnóstico e prognóstico de áreas ambientalmente degradadas, com o objetivo de oferecer aos leitores um panorama completo neste campo do conhecimento".



## **O livro trata:**

De maneira muito satisfatória, este livro preenche uma lacuna na literatura brasileira ao abordar, de forma técnica e científica, um tema de grande importância para um país que enfrenta desafios significativos relacionados a áreas degradadas. Nesse contexto, a obra trata de uma ampla variedade de tópicos, que incluem a contribuição da Geomorfologia no diagnóstico de áreas degradadas, o papel da Bioengenharia na restauração dessas áreas afetadas, os princípios da estabilização biotécnica e os avanços recentes, bem como as diretrizes futuras relacionadas à estabilização de encostas.

## **O livro:**

Este livro é notável por sua abordagem abrangente sobre áreas degradadas, um tema de extrema importância no campo da gestão ambiental e conservação de ecossistemas. Ele oferece uma gama diversificada de informações e técnicas destinadas a reverter ou mitigar os impactos negativos causados pela atividade humana, permitindo a restauração dos processos naturais e a reintegração das comunidades biológicas.

A gestão ambiental de áreas degradadas é uma disciplina multidisciplinar que requer a integração de conhecimentos provenientes de diversas áreas, como ecologia, engenharia ambiental, agronomia, geologia e outras disciplinas relacionadas. Este livro, juntamente com outros na mesma linha, fornece orientações, estudos de caso e abordagens teóricas para apoiar a prática da recuperação de áreas degradadas.

Os autores abordam a importância da recuperação e os princípios teóricos subjacentes, discutindo as principais causas da degradação ambiental, como desmatamento, mineração, poluição industrial e contaminação de solos e águas. Além disso, o livro explora os princípios e as etapas envolvidas no processo de recuperação, desde o diagnóstico e planejamento até a implementação e monitoramento das ações.

A relevância da recuperação e, ou, mitigação de áreas degradadas é abordada nos dez capítulos do livro, que abrangem desde "degradação ambiental" no primeiro capítulo até "técnicas e métodos de bioengenharia" no capítulo dez. Cada tópico apresentado no livro enfrenta desafios específicos que demandam estratégias adaptadas para uma restauração eficaz.

O capítulo quatro do livro, intitulado "Erosão Superficial e Movimentos de Massa", concentra-se na degradação do solo causada por erosão pluvial e eólica. Este capítulo aborda detalhadamente como esses processos naturais ocorrem e destaca os impactos significativos que podem ter no meio ambiente, na agricultura e nas atividades humanas em geral.

A erosão pluvial resulta do impacto das gotas de chuva na superfície do solo, desagregando as partículas e criando sulcos ou enxurradas. Quando

ocorre em áreas desprotegidas, como aquelas desmatadas ou sem cobertura vegetal adequada, pode causar perda de nutrientes, compactação do solo e transporte de sedimentos para cursos d'água, resultando em assoreamento.

Por outro lado, a erosão eólica é causada pela ação do vento na superfície do solo, transportando partículas soltas e arrancando a camada superficial do solo. Esse processo é mais comum em áreas áridas ou semiáridas, com baixa cobertura vegetal e solo exposto.

Para mitigar esses processos, medidas como o plantio de vegetação adequada, construção de terraços ou canais de drenagem, adoção de práticas agrícolas de conservação e estruturas de controle da água são discutidas em detalhes no livro. As ações são fundamentadas em pesquisas científicas e na experiência prática acumulada ao longo dos anos.

Outro capítulo relevante é o capítulo sete, intitulado "Princípios da Estabilização Biotécnica", que aborda a importância da Bioengenharia como uma técnica fundamental para a restauração de áreas degradadas. O capítulo destaca a integração de elementos vivos, como plantas e organismos, com técnicas de engenharia para abordar desafios ambientais de maneira sustentável. A Bioengenharia desempenha um papel crucial na agregação do solo, na fertilidade, na ciclagem de nutrientes e na estabilização de encostas e taludes.

Em resumo, este livro enriquece o conhecimento, esclarece questões importantes e estimula a reflexão sobre a gestão de áreas degradadas. Ele complementa de forma significativa os conhecimentos adquiridos durante a graduação e a experiência profissional, contribuindo para a compreensão e enfrentamento dos desafios contemporâneos relacionados à degradação ambiental e à conservação da biodiversidade.

## **Conclusões:**

A degradação ambiental representa um desafio global que afeta ecossistemas em todo o planeta. Isso se manifesta por intermédio da perda de biodiversidade, do empobrecimento do solo, da contaminação dos recursos hídricos e da destruição de habitats naturais, entre outras consequências prejudiciais. No entanto, é fundamental ressaltar que a recuperação e reabilitação de áreas degradadas são viáveis e vitais para a preservação dos ecossistemas e para o avanço da sustentabilidade ambiental.

A gestão ambiental desempenha um papel central na busca por soluções para essa problemática. Ao empregar abordagens abrangentes e aplicar conhecimentos científicos e técnicos, é possível reverter os danos causados e restabelecer a funcionalidade dos ecossistemas. Isso implica na implementação de estratégias de recuperação que englobam a restauração da vegetação nativa, o controle da erosão, a revitalização do solo, a gestão dos recursos hídricos e a promoção da biodiversidade.

O livro "Gestão Ambiental de Áreas Degradadas" aborda de maneira sólida e abrangente os temas mencionados. Os autores traçam uma linha temporal que começa com a degradação ambiental decorrente da revolução industrial e se estende até os impactos atuais causados pela expansão da agropecuária e o crescimento populacional. Além disso, fornecem um guia completo das principais técnicas e estratégias para mitigar essa problemática gerada pela atividade humana.

O livro é rico em detalhes e proporciona uma compreensão profunda dos impactos gerados pelo ser humano e das abordagens que podem ser adotadas para minimizar essas alterações no meio ambiente. Com seus dez capítulos, ele oferece um conhecimento valioso que é transmitido pelos autores com notável didática. Os leitores encontrarão facilidade em acompanhar e apreciar os pormenores de cada situação abordada.

Finalmente, para Marlon Peçanha, autor dessa resenha, vale a pena destacar os capítulos quatro e sete, que se destacam nesse livro. Eles oferecem uma ampla gama de orientações e métodos relacionados à Bioengenharia e Biotécnica, bem como ao manejo sustentável do solo. Proporcionam um conjunto de ferramentas e diretrizes essenciais para profissionais da área que desejam contribuir para uma mitigação eficaz dos impactos ambientais causados pela atividade humana.

A análise desta obra aborda uma série de questões cruciais relacionadas ao estado atual do mundo, aos desafios contemporâneos e às perspectivas de um futuro mais promissor. Assim como nas minhas análises diárias, ela enfatiza a complexidade da situação, abrangendo temas como os problemas inerentes ao atual modelo de desenvolvimento, os impactos negativos sobre o meio ambiente, a necessidade de abordar a sustentabilidade e a urgência de mudanças.

Conhecimentos adquiridos em livros como descrito nessa resenha, adicionalmente aos capítulos do Vol. VII do presente livro ressaltam a importância de repensar os modelos de produção. Há de se considerarem alternativas mais sustentáveis, como o controle biológico de pragas, mudanças nas políticas públicas e o uso de tecnologias avançadas para avaliar os impactos ambientais. Também devem ser lembradas as propostas da Agenda 2030 da ONU e suas sugestões de desenvolvimento sustentável como diretrizes para transformações significativas.

A ênfase dada à Agroecologia, às práticas de conservação e à busca por soluções interdisciplinares para os desafios socioambientais demonstram um compromisso com a construção de um futuro mais equilibrado e responsável.

A mensagem final é clara: a mudança é possível, mas requer esforços colaborativos e decisões embasadas em conhecimento e visão de futuro para assegurar um ambiente saudável e sustentável para as gerações futuras.

Mesmo com a maturidade e experiência, é inspirador observar o entusiasmo em relação a este sétimo livro da série "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" e o desejo de colaborar com colegas de trabalho, alunos e orientados na promoção da sustentabilidade socioambiental. Por meio deste comprometimento e engajamento, contribuímos significativamente para o avanço do conhecimento e a conscientização sobre questões cruciais de sustentabilidade.

A busca por parcerias envolvendo colegas de trabalho e estudantes do PPGA desempenha um papel fundamental na abordagem de questões complexas como essas. O compartilhamento de conhecimento, ideias e experiências cria um ambiente propício para inovação, colaboração e busca de soluções sustentáveis.

À medida que se abrem caminhos para mais volumes e iniciativas semelhantes, aspiramos a contribuir para a disseminação do pensamento crítico, da pesquisa interdisciplinar e da prática da Agroecologia, promovendo um entendimento mais amplo dos desafios socioambientais contemporâneos. Mantenho minha paixão por esta causa e me proponho continuamente a inspirar outros a se envolverem e a trabalharem em benefício da sustentabilidade.

Minha esperança é que, por meio desses esforços coletivos, possamos alcançar um futuro mais sustentável e equilibrado. A conscientização, a educação e a ação são passos decisivos para atingir essa tão almejada sustentabilidade socioambiental. Desejo à equipe que tem contribuído para o sucesso desta série de livros, com seu esforço e dedicação, que suas iniciativas possam inspirar muitos outros a trilharem um caminho de responsabilidade e cuidado para com o nosso planeta. Juntos, somos capazes de fazer a diferença.

Na EPÍGRAFE, compartilho o texto "O amor e a agroecologia", escrito por Abel Lopes Costa, estudante do Mestrado do PPGA/UNAAC: reflete uma das principais questões abordadas nesse livro - nossa participação plena tanto em nossas atividades profissionais diárias quanto em nossas relações de amizade.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, outubro de 2023.

# EPÍGRAFE

## O amor e a agroecologia

A conexão entre o amor e a agroecologia vai além da superfície, mergulhando profundamente na relação entre a agricultura sustentável, os princípios éticos, o cuidado ambiental e o bem-estar social. A agroecologia é uma abordagem holística para a agricultura que busca criar um sistema alimentar mais sustentável e justa: nesse contexto, o amor assume um significado muito mais amplo e significativo do que os sentimentos românticos e pessoais.

Na essência da agroecologia, o amor se traduz em uma ligação profunda e cuidadosa com os recursos naturais, as comunidades locais e as gerações futuras. Essa conexão vai além do egoísmo humano e abraça a responsabilidade de sermos guardiões da Terra e seus sistemas naturais.

Quando alguém abraça a agroecologia, adota um profundo respeito e amor pela Terra. Isso se traduz em um entendimento mais profundo do meio ambiente e uma abordagem de trabalho em harmonia com a natureza. A agroecologia procura imitar os ecossistemas naturais, reconhecendo que a natureza é um modelo de eficiência e sustentabilidade. Isso resulta em benefícios tangíveis, como a melhoria da biodiversidade, a saúde do solo e a sustentabilidade geral dos agroecossistemas.

O tratamento ético da terra e de seus recursos é uma parte central dessa abordagem. A agroecologia enfatiza o manejo sustentável dos recursos naturais, promovendo a saúde do solo, a conservação dos recursos hídricos e minimizando os impactos ambientais prejudiciais. Agricultores agroecológicos priorizam técnicas regenerativas do solo, reduzindo a erosão e promovendo a biodiversidade. Esse respeito e cuidado se estendem a todos os seres vivos presentes em cada ecossistema, incluindo animais, insetos, plantas e microrganismos.

Além disso, a agroecologia também se relaciona com as comunidades. Ela valoriza a coesão comunitária e social, incentivando a cooperação, a colaboração e a participação ativa. Essa abordagem cria redes de apoio, estimula a solidariedade, a justiça e o bem-estar para todos os envolvidos no processo, desde os agricultores até os consumidores finais.

A agroecologia está alinhada com os princípios de a soberania alimentar, que destacam o direito das comunidades definirem seus próprios sistemas alimentares de acordo com suas características sociais e culturais. O amor, nesse contexto, significa garantir um acesso equitativo a alimentos de qualidade e justiça no sistema alimentar, especialmente para comunidades marginalizadas.

O amor na agroecologia reconhece a interconexão de todos os elementos em um ecossistema, buscando uma coexistência equilibrada e mutuamente benéfica para todos. O cuidado com as gerações futuras é fundamental, levando

em consideração os impactos a longo prazo das ações humanas no meio ambiente, a sustentabilidade das práticas agrícolas e o legado que deixaremos para as próximas gerações.

Em última análise, o amor está intrinsecamente entrelaçado com a agroecologia, representando um profundo respeito e cuidado pelo nosso planeta, seus ecossistemas e todos os seres vivos que nele habitam. Os princípios éticos, a sustentabilidade, o bem-estar comunitário e o compromisso de deixar um impacto positivo no mundo fazem da agroecologia uma bandeira de luta por uma relação harmoniosa entre a humanidade e a natureza, impulsionada pelo amor e pela compaixão.

Abel Lopes Costa.

## Apresentação

A produção de livros, cadernos de aulas e apostilas desempenha um papel fundamental ao compartilhar conhecimento, inspirar estudantes e promover colaboração entre colegas de trabalho em busca de objetivos acadêmicos e de pesquisa.

É extremamente gratificante saber que os volumes dedicados aos "Tópicos de Recuperação de Áreas Degradadas" foram bem recebidos e atenderam às expectativas. Essas publicações não apenas aumentaram a visibilidade das pesquisas conduzidas nas disciplinas, mas também contribuíram para o aprimoramento do programa de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre (PPGA) como um todo, alinhando-se com as exigências dos órgãos de fomento e financiamento de pesquisas.

Além disso, estar envolvido na elaboração de livros das Séries "Tópicos em Agroecologia" e "Tópicos em Cafeicultura", juntamente com outros projetos, permite uma constante evolução e atualização, levando em consideração as mudanças no campo e as necessidades contemporâneas. A integração desses esforços com projetos de Recuperação de Áreas Degradadas é um passo essencial em direção a uma abordagem mais completa e sustentável.

A colaboração com acadêmicos, alunos e orientados desempenha um papel fundamental no sucesso desses empreendimentos. Essa sinergia cria um ambiente de aprendizado e inovação, e a parceria em projetos de publicação é uma maneira excelente de incentivar a participação ativa e a contribuição de todos os envolvidos.

Essas publicações atuais e futuras, assim como os projetos associados, têm como objetivo principal contribuir para uma melhor compreensão e abordagem da recuperação de áreas degradadas. Tais esforços são essenciais para aumentar a conscientização e promover ações em prol da sustentabilidade ambiental.

O texto do **Volume I** foi composto por três (3) capítulos, abordando os seguintes temas:



- ✓ Recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos;
- ✓ Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas;
- ✓ Cafeicultura: Recuperação de áreas degradadas e uso de práticas agroecológicas no manejo do café em região de montanhas.

**Disponível em:**

<https://www.meridapublishers.com/topicos-em-recuperacao-de-areas-degradadas/>

O **Volume II** manteve o mesmo propósito do Volume I, que consistia em reunir informações essenciais para o desenvolvimento de conceitos de planejamento relacionados à "Recuperação de Áreas Degradadas" (RAD) e à condução das atividades produtivas de maneira sustentável, por meio da aplicação de práticas agroecológicas de conservação.

A continuação da abordagem adotada no primeiro volume se mostrou coerente e de grande valor, proporcionando uma continuidade no entendimento dos princípios e práticas necessárias para lidar com a degradação ambiental e promover a recuperação de áreas que foram perturbadas.

O segundo volume é composto por dez (10) capítulos que abordam os seguintes temas:

- ✓ **Estudos de Impactos Ambientais e seu Relatório - EIA/RIMA;**
- ✓ **Metodologias para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais;**
- ✓ **Práticas de conservação de solo e água com ênfase nas “barraginhas”;**
- ✓ **Microrganismos simbiotes e a fixação biológica de nitrogênio;**
- ✓ **Uso de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade ambiental;**

- ✓ **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD;**
- ✓ **Reuso da água na agricultura irrigada: efluentes da piscicultura e fertirrigação;**
- ✓ **Desigualdade social: agroecologia, “Agenda 2030” e sustentabilidade.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad2-esp/>

O **Volume III** manteve o mesmo propósito dos Volumes I e II: enfatizar o planejamento sustentável e a adoção de práticas agroecológicas conservacionistas, uma ênfase decisiva nos dias de hoje, à luz dos desafios ambientais que se enfrentam. A promoção da recuperação de áreas degradadas e a implementação de práticas que respeitam o equilíbrio dos ecossistemas representam passos significativos em direção à preservação da biodiversidade e à mitigação dos impactos ambientais.

A integração de conceitos de planejamento e sustentabilidade, juntamente com a aplicação de práticas agroecológicas, representa uma abordagem holística que pode gerar resultados positivos em longo prazo, beneficiando tanto a produção agropecuária quanto a saúde dos ecossistemas. Essa abordagem continuou a fornecer uma base sólida para todos aqueles que buscam promover a recuperação de áreas degradadas e a adoção de práticas mais sustentáveis em suas atividades agropecuárias e de planejamento ambiental. A proposta persiste em reunir informações essenciais para contribuir com um futuro mais sustentável.

Este terceiro volume é composto por dez (10) capítulos que abordam os seguintes temas:

- ✓ **Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos;**
- ✓ **Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos;**

- ✓ **Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP);**
- ✓ **Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal;**
- ✓ **Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados;**
- ✓ **A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo;**
- ✓ **Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis;**
- ✓ **Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração;**
- ✓ **Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente;**
- ✓ **A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad3/>

O **Volume IV** segue a mesma finalidade dos volumes anteriores, concentrando informações essenciais para o desenvolvimento de conceitos relacionados à "Recuperação de Áreas Degradadas" (RAD) e à condução sustentável das atividades produtivas por meio da adoção de práticas agroecológicas de conservação. Isso reflete um compromisso constante com a promoção de abordagens responsáveis em relação ao meio ambiente e à agricultura.

A busca por coerência ao longo dos volumes demonstra um esforço contínuo para estabelecer uma base sólida de conhecimento e orientação, o que é altamente benéfico para aqueles envolvidos na área de recuperação de áreas degradadas e na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis. A abordagem

integrada que une o planejamento com as práticas agroecológicas é fundamental para alcançar resultados positivos em longo prazo, assegurando não apenas a produtividade, mas também a saúde dos ecossistemas e a preservação da biodiversidade.

Este volume é composto por dez (10) capítulos que exploram os seguintes tópicos:

- ✓ **Ação da poluição nos sistemas ambientais;**
- ✓ **A trajetória da educação ambiental no Brasil e a reciclagem no município de Alegre – ES;**
- ✓ **Agroecologia como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar;**
- ✓ **Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna;**
- ✓ **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e a recuperação de pastagens degradadas;**
- ✓ **Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café;**
- ✓ **Hortas urbanas agroecológicas;**
- ✓ **Recursos genéticos do feijão (*Phaseolus* spp.);**
- ✓ **Desenvolvimento de mudas de couve da Geórgia (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) sob diferentes concentrações de biofertilizante;**
- ✓ **Plantas alimentícias não convencionais: sustentabilidade e diversidade no sistema de produção de base agroecológica.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad4/>

O **Volume V** se empenhou em destacar a extrema relevância de dar ênfase à restauração de áreas degradadas, uma preocupação que absolutamente não pode ser subestimada. Em um cenário atual marcado por desafios ambientais cada vez mais intrincados, a busca por soluções sustentáveis é uma necessidade premente.

O esforço conjunto de toda a equipe tem o potencial de causar um impacto genuíno nesse campo, contribuindo para uma transformação nas práticas de agricultura e planejamento, direcionando-as para uma abordagem mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Isso, por sua vez, contribuirá para um futuro mais promissor, no qual a harmonia entre as atividades humanas e a natureza possa ser alcançada de maneira efetiva.

Foi composto por dez (10) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA;**
- ✓ **Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural;**
- ✓ **Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas;**
- ✓ **Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia;**
- ✓ **Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica;**
- ✓ **Controle biológico na soja no sul do Maranhão;**
- ✓ **Resíduos agrícolas da pecuária leiteira;**
- ✓ **Métodos agroecológicos alternativos para o controle de formigas cortadeiras;**
- ✓ **Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil;**
- ✓ **Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad5/>

O **Volume VI** concentrou-se firmemente em ressaltar a extrema importância de priorizar a restauração de áreas degradadas, uma questão que não pode, de forma alguma, ser subestimada. Em um contexto atual

caracterizado por desafios ambientais cada vez mais complexos, a busca por soluções sustentáveis é imperativa.

O esforço conjunto de toda a equipe possui o potencial de gerar um impacto autêntico nesse domínio, contribuindo para a transformação das práticas de agricultura e planejamento, direcionando-as para uma abordagem mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Isso, por sua vez, irá contribuir para um futuro mais promissor, onde a harmonia entre as atividades humanas e a natureza possa ser alcançada de maneira eficaz.

Foi composto por dez (10) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **A dispersão natural de sementes com enfoque em síndromes zoocóricas;**
- ✓ **Revegetação, matéria orgânica e a sustentabilidade nos procedimentos de recuperação de solos degradados;**
- ✓ **Estratégias de recuperação de áreas degradadas;**
- ✓ **Identificação e caracterização dos riscos à degradação ambiental de microbacias hidrográficas em assentamentos de reforma agrária por meio de técnicas de geoprocessamento e da análise espacial multicritério: uma proposta;**
- ✓ **Viabilidade técnica da utilização de resíduo do beneficiamento de granito na indústria e na agricultura;**
- ✓ **Potencial de óleos essenciais de espécies nativas no controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho;**
- ✓ **Produção de mudas do café sob diferentes teores de composto orgânico;**
- ✓ **Levantamento socioeconômico e experiências agroecológicas das mulheres ribeirinhas nos quintais da Ilha Saracá, Limoeiro do Ajuru, estado do Pará;**
- ✓ **Abordagem gerencial para o desenvolvimento da agricultura familiar com base no sistema de produção agroecológica;**
- ✓ **Extensão rural - acesso à informação e ao livre mercado.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad6/>

O presente Volume VII apresenta os seguintes dez (10) capítulos:

**Capítulo I, “A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas na regeneração natural”**, mostra que as ações humanas, tais como desmatamento, queimadas, práticas agrícolas intensivas e uso inadequado do solo, causam danos aos biomas, levando à perda de vegetação natural e desequilíbrio ecológico. A recuperação natural começa com as plantas presentes no banco de sementes do solo e sementes dispersas por animais. A polinização, realizada por diversos animais, é crucial para o sucesso reprodutivo das plantas, gerando sementes que repovoam áreas degradadas. Abelhas, como principais polinizadores, mantêm uma relação vital com as plantas silvestres, sendo essenciais para ecossistemas em regeneração.

**Capítulo II, “Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de café”**, mostra que a integração da flora apícola em plantações de café traz benefícios para a produção de café, apicultura e equilíbrio ecológico. Este estudo buscou identificar plantas ruderais e Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) que podem ser cultivadas junto com o café, visando aprimorar a produção de mel, diversificar as atividades agrícolas e combater a insegurança alimentar. A polinização eficaz realizada pela *Apis mellifera*, benéfica para o *Coffea arabica*, aumentou a produtividade das lavouras de café em 39%. Foram identificadas 28 espécies florais com propriedades apícolas e alimentícias que podem ser incorporadas nas plantações de café frequentadas por essas abelhas. No entanto, é importante notar que ameaças como perda de habitat, uso excessivo de pesticidas e mudanças climáticas afetam os polinizadores e a biodiversidade.

**Capítulo III, “Externalidades e impactos ambientais negativos: fator antrópico, capital natural e práticas agroecológicas mitigadoras”**, aborda uma questão fundamental para a realidade brasileira: o Desenvolvimento Sustentável - é um tema de destaque, e para alcançá-lo, é necessário desenvolver tecnologias apropriadas e capacitar profissionais competentes para sua gestão. Comunidades estão se tornando mais exigentes, e empresas, tanto globalmente quanto no Brasil, estão reconhecendo a importância de adotar práticas de gestão ambiental e aumentar seus investimentos em proteção ambiental. Essa mudança de perspectiva está relacionada às transformações profundas no modelo econômico, incluindo reestruturação produtiva, globalização financeira, internacionalização das economias e desregulamentação de mercados. Nesse contexto, a agroecologia desempenha um papel relevante.

**Capítulo IV, “Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas: sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES**, discute a meliponicultura: envolve a criação de abelhas nativas sem ferrão em espaços chamados meliponários. Essas abelhas pertencem à tribo Meliponini e são altamente sociais. Desempenham um papel vital na preservação da biodiversidade, sendo responsáveis por até 90% da polinização na Mata Atlântica e em cultivos agrícolas. Cerca de 75% dos alimentos consumidos pelos seres humanos dependem da polinização por abelhas. A meliponicultura consiste em criar essas abelhas em caixas de madeira para manejo e reprodução. A preservação das abelhas está intrinsecamente ligada a ações sustentáveis. Neste estudo, a busca pela sustentabilidade é alcançada através de ações que englobam aspectos ambientais, sociais e econômicos.

**Capítulo V, “Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal”**, discorre sobre o desmatamento e o manejo inadequado do solo: têm causado sérios problemas ambientais, incluindo inundações, erosão, perda de biodiversidade e aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Para combater esses problemas, várias estratégias estão sendo adotadas, como reflorestamento, redução de combustíveis fósseis e mudanças na gestão do solo. A agricultura de baixa emissão de carbono (ABC) é uma abordagem promissora para atender à demanda por produtos sustentáveis e recuperar ecossistemas degradados. Os sistemas agroflorestais (SAFs), em particular, são eficazes na captura de carbono atmosférico, melhoria da qualidade do solo e redução dos custos com insumos externos. O sequestro de carbono tem atraído financiamento por meio de créditos de carbono para mitigar as emissões de GEE. Além disso, programas de incentivo florestal apoiam pequenos agricultores, promovendo práticas sustentáveis, aumento de florestas plantadas e contribuição para o sequestro de carbono.

**Capítulo VI, “Importância das unidades de conservação como prática de preservação e educação ambiental no ensino escolar”**, aponta que o aumento constante da população está levando à escassez de recursos naturais e à perda de biodiversidade devido à redução dos habitats naturais. É fundamental criar espaços dedicados à preservação e conservação do meio ambiente e da biodiversidade para abordar essa preocupação global. Essas áreas desempenham um papel fundamental na educação, proporcionando exemplos tangíveis para o ensino. Este estudo destaca a importância das unidades de conservação (UC) e seu valor na educação, enfocando a capacidade de ensinar, criar e implementar ucs, bem como o envolvimento da sociedade nesse processo, por meio de uma pesquisa na escola estadual de ensino fundamental e médio "Domingos Perim", Venda Nova do Imigrante, ES, revelando que a maioria dos participantes tinha conhecimento sobre UCs, mas nem todos estavam familiarizados com o conceito de educação ambiental (EA) e o uso desses espaços para a educação.



**O Capítulo VII, “Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleira pós-Revolução Verde”,** realiza uma revisão bibliográfica sobre a relação entre cultura verde e agroecologia, especialmente nos desafios enfrentados na produção sucroalcooleira após a "Revolução Verde". Foram abordados aspectos positivos e negativos dessa abordagem, explorando sua origem, teoria e aplicação prática no campo, com foco nos impactos das práticas agrícolas nas plantações de cana-de-açúcar. A "Revolução Verde", com o tempo, fez com que surgissem controvérsias e problemas associados a essa abordagem. Diante dos impactos identificados, a agroecologia emergiu como alternativa, visando compreender a complexidade dos agroecossistemas e promovendo práticas agrícolas sustentáveis e reguladoras para conservar a biodiversidade.

**Capítulo VIII, “Cultivo de batata-doce irrigada com águas residuárias tratada em pequenas propriedades rurais no semiárido”** mostra que o reuso de água na irrigação de cultivos de batata-doce oferece vantagens notáveis, apesar dos potenciais riscos de contaminação. Essa prática se mostra viável para economizar água sem prejudicar a produtividade. Embora a batata-doce seja uma cultura resistente, a irrigação pode significativamente aumentar sua produtividade. Este estudo investigou o cultivo de batata-doce irrigada com água residuária tratada em pequenas propriedades rurais de regiões semiáridas, por meio de uma revisão bibliográfica abrangente. O uso de água de qualidade inferior demonstrou ser uma alternativa viável para o cultivo de batata-doce em regiões semiáridas, além de potencialmente reduzir os custos com fertilizantes químicos.

**Capítulo IX, “Agricultura 4.0: Agroecologia 5.0?”**, mostra que a influência do capital financeiro e a concentração de terras em latifúndios têm causado problemas como desemprego e precarização do trabalho, levando ao êxodo rural, formação de favelas nas áreas urbanas e aumento do analfabetismo e da fome. Essa realidade tem corroído conquistas importantes no campo, como a democratização da terra, acesso à saúde, educação, assistência social e técnica, afetando as formas de trabalho no meio rural. A rápida evolução científica e tecnológica, apesar dos avanços, pode intensificar a desigualdade social e impor valores desafiadores. Será abordada a agricultura 4.0 e sua preparação pelos produtores do modelo de produção familiar. Também serão apresentadas a agroecologia e a agricultura regenerativa como propostas para a sustentabilidade no ambiente rural. O objetivo é identificar qual modelo deve ser preferido pelos pequenos produtores rurais, visando à sustentabilidade e ao bem-estar social e ambiental.

**Capítulo X, “Pluriatividade no novo rural brasileiro e o papel da agroecologia”** aborda que nos primeiros tempos da vida rural no Brasil, a característica mais marcante era a diversidade de atividades nas propriedades rurais, que garantia a autossuficiência. Essa proficiência dos habitantes rurais permitiu que, ao longo dos séculos e após enfrentarem os desafios do sistema

de produção convencional, os pequenos agricultores se adaptassem às novas demandas do mercado. Este estudo buscou explorar a pluriatividade no contexto do "novo rural" por meio de uma revisão de literatura. Com o avanço tecnológico e o êxodo rural, muitos habitantes do campo encontraram na pluriatividade a única alternativa viável para sustentar suas famílias, uma vez que a atividade rural tradicional por si só não garantia mais a subsistência. A pluriatividade, portanto, passou a contribuir significativamente para a renda dos pequenos agricultores, introduzindo novas atividades no meio rural. Nesse sentido, os sistemas agroecológicos de produção desempenham um papel importante na melhoria das condições socioambientais, na promoção da saúde e na garantia da segurança alimentar.

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad7/>

Nas **Considerações Finais**, destaca-se a necessidade de traduzir as novas ideias e conceitos discutidos no trabalho em ações tangíveis. O atual modelo de produção agropecuária e urbano-industrial é criticado por sua insustentabilidade contínua até o momento. Nesse contexto, propõe-se a adoção do modelo de produção agroecológico como uma alternativa mais sustentável.

Após a leitura desses capítulos, espera-se que alguns questionamentos sobre os modelos de produção atuais sejam respondidos. Além disso, espera-se que surjam comentários e reflexões que contribuam de maneira significativa para a aplicação dos resultados apresentados no presente trabalho e inspirem futuras pesquisas.

Incentivam-se à ação e à busca por modelos de produção mais ecologicamente conscientes e sustentáveis. A mudança no paradigma de produção é vista como essencial para enfrentar os desafios ambientais e sociais globais, e o modelo agroecológico é apontado como uma alternativa promissora. Portanto, o trabalho aspira não apenas a gerar reflexões, mas também a inspirar ações práticas e mudanças em direção a um futuro mais sustentável.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, outubro de 2023.

## **Autores**

### **Aline Marchiori Crespo**

Extensionista da INCAPER Cachoeiro do Itapemirim e Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: alinemcrespo@gmail.com

### **Ana Cláudia Moreira Guerra**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: anacmg.bio@gmail.com

### **Ana Lídia Chaves Gomes**

Graduada em Tecnologia de Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: alcgomess@gmail.com.

### **Anderson Eduardo da Silva**

Pós-graduando em Agroecologia e Sustentabilidade pelo Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre - Caixa postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: andersoneduardo2011@gmail.com

### **Andre Geaquinto Ferri**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: andregeafer@gmail.com

### **Andresa Carolina Mendes Pinheiro**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre, ES. E-mail: andresamendes2016.am@gmail.com

### **Aparecida de Fátima Madella de Oliveira**

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre - ES. E-mail: amadella@ifes.edu.br

### **Bruno de Lima Preto**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: blpreto@ifes.edu.br

### **Clarissa Alves de Novaes**

Professora do Instituto Federal Sudeste de Minas campus Muriaé. Av. Cel. Monteiro de Castro, 550 - Barra, Muriaé, MG, 36.884-036. E-mail: clarissa.novaes@ifesudestemg.edu.br

### **Emily Suellen Fernandes Nascimento**

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: emilysuellencbl@gmail.com

### **Gabriela Alves de Novaes**

Administradora de empresas pela UFV e Especialista em Gestão Estratégica de Pessoas pela Universidade Federal de São João Del Rei. Avenida Bias Fortes, 1122, Centro, Belo Horizonte - MG. CEP: 30.170-014. E-mail: gabianovaes@yahoo.com.br

### **Geisa Corrêa Louback**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: geisa.louback1980@gmail.com

### **Gláucia Maria Ferrari**

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: glaucia.ferrari@ifes.edu.br

### **Guilherme Andrião Trugilho**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: guilhermeat.bio@gmail.com.

### **Hilton Moura Neto**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre. Estrada intermunicipal de Santa Teresa, Km 8 Santa Teresa/ES – CEP: 29.650-000. E-mail: hiltonmouraneto@gmail.com

### **Hudson Covre Pereira**

Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes Campus de Alegre, ES. Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: hdscovre@ifes.edu.br; hdscovre@gmail.com

### **Isabella da Costa Teixeira**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: isabellacteixeiraa@gmail.com

### **Jaeder Freixo da Silva**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Setor de Agroecologia, Rodovia ES-482 (Cachoeiro-Alegre), Km 47 Distrito de Rive, Alegre, ES, Brasil. E-mail: freixosilva@gmail.com

### **Jéferson Luiz Ferrari**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre - ES. E-mail: ferrarijl@ifes.edu.br

### **Jéssica Delesposte Destefani**

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: jessicaddestafani@gmail.com

### **João Batista Esteves Peluzio**

Dsc. Professor do Departamento de Cafeicultura do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP:29.500-000. Alegre, ES. E-mail: jbpeluzio@ifes.edu.br.

### **João Sávio Monção Figueiredo**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: moncaofigueiredo@gmail.com

### **Kamila Moreira da Costa**

Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa. CEP: 36.570-900, Viçosa, MG. E-mail: moreiradacostak@gmail.com.

### **Karla Maria Pedra de Abreu**

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: karla.abreu@ifes.edu.br

### **Lais Barboza Rozaes**

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: laisbarbozarozaes@gmail.com

### **Leonardo Marcondes Queiroz do Nascimento**

Pós-graduando em Agroecologia e Sustentabilidade pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santos. Rua Desembargador Eurípedes Queiroz do Valle 405 Jardim Camburi, Vitória ES.. E-mail: leomqn@gmail.com

### **Liliane Pastore Mendonça Rodrigues**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: lilianepastore@gmail.com

### **Luana Soares Egidio**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. Rua Emeliana Emery, Centro- nº 128. Guaçuí - ES. CEP: 29560-000. E-mail: luanaegidio81@gmail.com

### **Manuela Silva de Amorim**

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: manuamorim.bio@gmail.com

### **Mariana Rodrigues Almeida**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: mamarianarod@gmail.com

### **Marlon Alves Peçanha da Silva**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: marlononi@hotmail.com

### **Marina Jordem Almança Possatti**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: marinajordem@hotmail.com

### **Mauricio Ferreira Moreira**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: mauricio1fmoreira@gmail.com

### **Maurício Novaes Souza**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: mauricios.novaes@ifes.edu.br

### **Monique Moreira Moulin**

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: mmmoulin@ifes.edu.br

### **Natália Cassa**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: tbrmoreira@hotmail.com

### **Patrícia Ferreira da Silva**

Dsc. Professora da Universidade do Estado do Mato Grosso – Campus Nova Mutum. Av. das Garças, nº 1192N - Jd das Orquídeas, Nova Mutum - MT, 78.450-000. E-mail: patrycyafs@yahoo.com.br

### **Poliana Lemes Azevedo**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: polianalesazevedo@gmail.com

### **Rebeca Alves Vieira Ribeiro**

Pós-graduando em Agroecologia e Sustentabilidade pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santos. Rua Florêncio Baptista n. 100, Ap. 205. Jardim Camburi, Vitória, ES. E-mail: contatorebecaalvesvieira@gmail.com

### **Rigoberto Moreira de Matos**

Dsc. Pós doutorando em Biotecnologia do semiárido – UPE, campus Garanhuns, R. Cap. Pedro Rodrigues - São José, Garanhuns - PE, CEP: 55294-902. E-mail: rigobertomoreira@gmail.com

### **Roberta Cunha Vieira**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: robertasantesso@gmail.com

### **Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: sandra.eafa@gmail.com

### **Silvia Aline Bérghamo Xavier**

Mestranda e Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: silviaaline.xavier@gmail.com

### **Taís Neves Calabianqui**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: taiscalabianqui@gmail.com

### **Verônica dos Santos Claudio Bispo**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: veronicabispo.20@gmail.com

### **Willian Moreira da Costa**

Mestrando e Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: willianbiologo@hotmail.com



## Índice

### **CAPÍTULO 1 ..... 35**

#### **A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas na regeneração natural**

Willian Moreira da Costa, Emily Suellen Fernandes Nascimento, Manuela Silva de Amorim, Lais Barboza Rozaes, Kamila Moreira da Costa, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Maurício Novaes Souza

### **CAPÍTULO 2 ..... 64**

#### **Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de café**

Ana Lídia Chaves Gomes, Maurício Novaes Souza, Jéferson Luiz Ferrari, João Batista Esteves Peluzio, Willian Moreira da Costa

### **CAPÍTULO 3 ..... 88**

#### **Externalidades e impactos ambientais negativos: fator antrópico, capital natural e práticas agroecológicas mitigadoras**

Maurício Novaes Souza, Rebeca Alves Vieira Ribeiro, Roberta Cunha Vieira, Jaeder Freixo da Silva, Marlon Alves Peçanha da Silva, Andresa Carolina Mendes Pinheiro, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback

### **CAPÍTULO 4 ..... 128**

#### **Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas: sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES**

Marina Jordem Almança Possatti, Willian Moreira da Costa, Liliane Pastore Mendonça Rodrigues, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

### **CAPÍTULO 5 ..... 150**

#### **Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal**

Mariana Rodrigues Almeida, Ana Cláudia Moreira Guerra, Verônica dos Santos Claudio Bispo, Guilherme Andrião Trugilho, Silvia Aline Bérnago Xavier, Leonardo Marcondes Queiroz do Nascimento, Poliana Lemes Azevedo, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 6 ..... 183**

**Importância das unidades de conservação como prática de preservação e educação ambiental no ensino escolar**

Maurício Ferreira Moreira, Silvia Aline Bérغامo Xavier, Hilton Moura Neto, Clarissa Alves de Novaes, Gabriela Alves de Novaes, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Taís Neves Calabianqui, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 7 ..... 205**

**Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleira pós-Revolução Verde**

Anderson Eduardo da Silva, Natália Cassa, João Sávio Monção Figueiredo, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 8 ..... 234**

**Cultivo de batata-doce irrigada com águas residuárias tratada em pequenas propriedades rurais no semiárido**

Patrícia Ferreira da Silva, Maurício Novaes Souza, Rigoberto Moreira de Matos, Monique Moreira Moulin, Natália Cassa

**CAPÍTULO 9 ..... 258**

**Agricultura 4.0: Agroecologia 5.0?**

Isabella da Costa Teixeira, Jéssica Delesposte Destefani, João Sávio Monção Figueiredo, Guilherme Andrião Trugilho, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Aline Marchiori Crespo, Marlon Alves Peçanha da Silva, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 10 ..... 299**

**Pluriatividade no novo rural brasileiro e o papel da agroecologia**

Geisa Corrêa Louback, Maurício Novaes Souza, Gláucia Maria Ferrari, Hudson Covre Pereira, Bruno de Lima Preto, Karla Maria Pedra de Abreu, Roberta Cunha Vieira, Luana Soares Egidio, Guilherme Andrião Trugilho, Aline Marchiori Crespo, Andre Geaquinto Ferri

**CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 326**

## CAPÍTULO 1

---

### **A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas na regeneração natural**

Willian Moreira da Costa, Emily Suellen Fernandes Nascimento, Manuela Silva de Amorim, Lais Barboza Rozaes, Kamila Moreira da Costa, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c1>

#### **Resumo**

O homem realiza diversas ações que causam danos e degradação aos biomas, tais como o desmatamento que leva à fragmentação, as queimadas, as práticas agrícolas intensivas e o uso inadequado do solo. Essas ações humanas resultam na perda da vegetação natural em muitas áreas verdes, levando-as a um desequilíbrio ecológico. A recuperação natural dos ecossistemas começa com as espécies de plantas presentes no banco de sementes do solo, juntamente com as sementes que chegam ao sistema por meio das interações de dispersão realizadas por meio das síndromes zoocóricas. Um fator crucial nesse processo é a polinização, um serviço ecossistêmico prestado por diversos grupos de animais. A polinização contribui para o sucesso reprodutivo das plantas, resultando na formação de sementes que têm o potencial de se desenvolver em novos indivíduos que repovoarão as áreas degradadas. Entre os polinizadores, as abelhas se destacam como os principais agentes no transporte de pólen entre diferentes espécies de plantas. Elas mantêm uma relação estreita com as plantas silvestres, tornando-se essenciais para os ecossistemas, especialmente aqueles em processo de regeneração.

**Palavras-chave:** Ecossistemas. Flora. Insetos. Polinização. Recuperação.

## 1. Introdução

Os biomas abrangem vastas extensões, muitas vezes excedendo um milhão de quilômetros quadrados. São identificados pela consistência de um macroclima particular, uma formação vegetal distinta, fauna exclusiva e outros organismos vivos característicos. Esses elementos estão interligados com fatores ambientais como relevo, solo, altitude, inundações, níveis de salinidade e incidência de fogo. Essas características combinadas conferem aos biomas uma estrutura única e funcionalidade específica (COUTINHO, 2006).

De fato, os biomas surgem da reunião de formações vegetais próximas umas das outras, compartilhando condições climáticas e geológicas semelhantes, além de abrigarem uma fauna característica. Esses padrões podem ser identificados em diversas regiões geográficas (IBGE, 2023).

O Brasil se destaca por sua riqueza em biodiversidade, abrigando uma ampla variedade de espécies vegetais, animais, fungos e outros organismos típicos da região neotropical. Desde vastas e úmidas florestas até regiões áridas com baixa precipitação, de áreas alagadas a extensas planícies, os biomas brasileiros exibem uma diversidade de características, englobando as cinco regiões do país: norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul.

Apesar dessa diversidade, as atividades humanas têm representado uma ameaça à funcionalidade dos biomas, impactando diretamente a ecologia da flora e da fauna, assim como o bem-estar da população. Isso ocorre porque os seres humanos dependem dos serviços ecossistêmicos prestados pelos biomas, como a regulação climática, a produção de água e oxigênio, a captura de carbono, o controle da erosão, a produção de alimentos e o gerenciamento biológico, entre outros (SOUZA; FONSECA, 2023).

Entretanto, tais serviços ecossistêmicos têm sido prejudicados por diversas ações antrópicas, colocando em risco o equilíbrio dos biomas e, conseqüentemente, afetando toda a cadeia de interações que sustentam esses ecossistemas (EMBRAPA, 2023).

O desmatamento, que leva à fragmentação, a exploração inadequada do solo e a contaminação das águas por intermédio de práticas agropecuárias, são atividades humanas frequentes que afetam os biomas. Essas ações colocam

muitas espécies em risco de extinção e exercem um impacto negativo na estabilidade ecológica dos ecossistemas.

Neste capítulo, será explorada a caracterização dos diversos biomas presentes no Brasil, destacando as principais intervenções humanas que os afetam. Além disso, será abordado o papel fundamental das abelhas nativas na promoção da regeneração natural desses ambientes. Serão identificadas as plantas silvestres que são visitadas por diferentes grupos de abelhas, ilustrando assim a estreita relação entre esses polinizadores e a flora nativa.

## **2. A degradação dos biomas brasileiros**

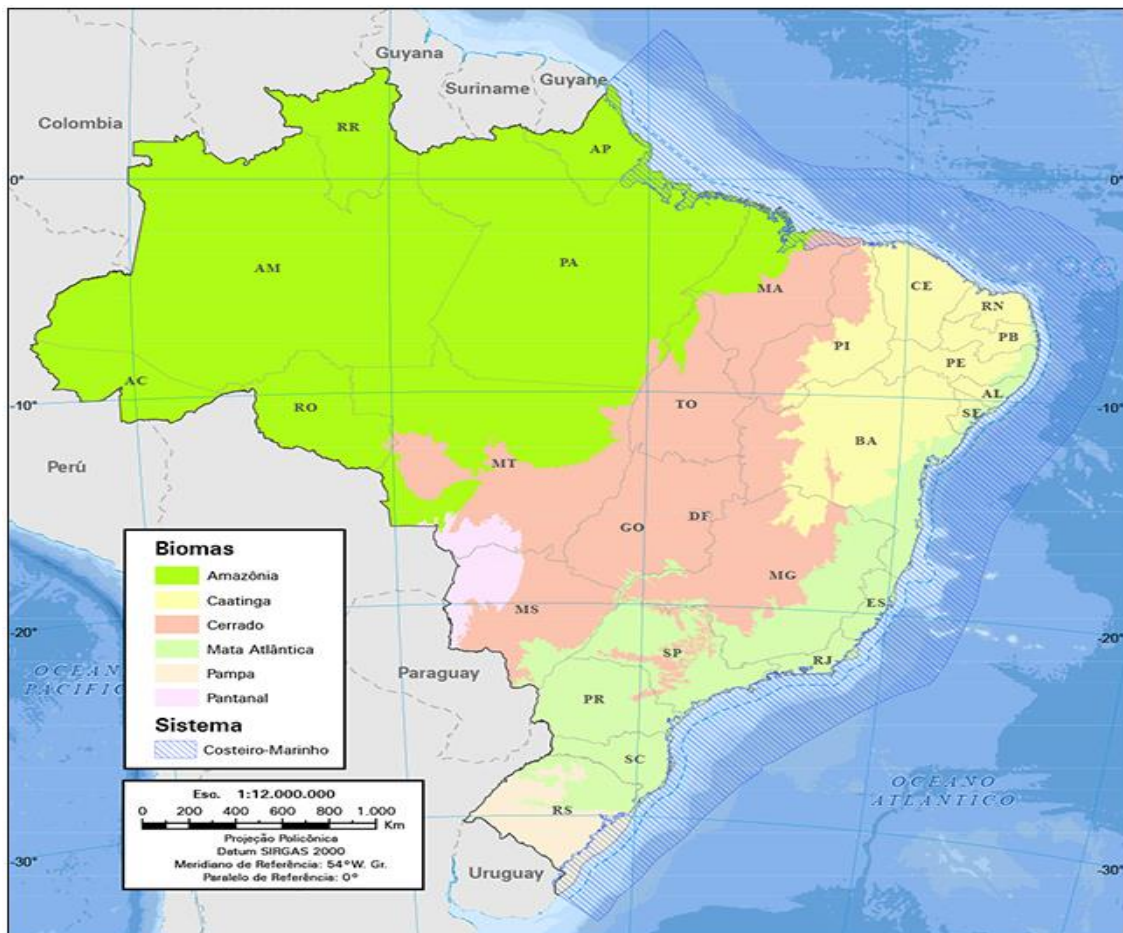
O Brasil figura entre os países mais ricos em biodiversidade do planeta, exibindo uma ampla gama de ecossistemas, cada um com suas características distintas, que se estendem por todo o território (MOREIRA-COSTA; SOUZA, 2022).

Considerando os fatores edáficos, climáticos, geográficos e a composição da flora e fauna, esses sistemas ambientais dão origem aos biomas. No Brasil, podemos identificar seis biomas distintos: Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Cerrado, Pantanal, Caatinga e Pampas.

A Mata Atlântica, também conhecida como Floresta Atlântica, é a segunda maior floresta da América do Sul. Originalmente, cobria cerca de 15% do território brasileiro, estendendo-se por 17 estados do país, desde a região sul até o nordeste. Além disso, partes dessa floresta estão presentes em estados da região Centro-oeste, como Goiás e Mato Grosso do Sul (AGUIAR et al., 2016) (Figura 1).

A Mata Atlântica se destaca por apresentar uma notável taxa de endemismo, abrigando aproximadamente oito mil espécies de árvores que só podem ser encontradas nesse bioma. De maneira abrangente, estima-se que a Mata Atlântica abrigue em torno de 20.000 espécies de árvores e arbustos. Em relação à fauna, um total de 4.944 espécies foi submetido a estudos de conservação, sendo que cerca de 593 dessas espécies se encontram em algum nível de ameaça (ICMBIO, 2018; BFG, 2021).

Além das plantas, de acordo com esses mesmos autores, diversos animais também exibem endemismo no bioma, sendo que algumas dessas espécies estão em sério risco, como é o caso da Saíra-apunhalada (*Nemosia rourei*) e da abelha Uruçu-capixaba (*Melipona capixaba*), ambas com ocorrência na região serrana do Espírito Santo. Estas espécies em particular enfrentam um alto grau de ameaça.



**Figura 1.** Mapa demonstrativo dos biomas brasileiros. Fonte: IBGE, 2023.

A Floresta Amazônica é caracterizada por suas vastas extensões de florestas, tanto terrestres quanto aquáticas, incluindo as florestas de várzea (inundadas sazonalmente) e as florestas de igapó (permanentemente alagadas) (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017). Este bioma é atravessado por rios longos e caudalosos que transportam grandes quantidades de matéria orgânica.

A Floresta Amazônica se estende pela região norte do país, além de estar presente em partes dos estados de Tocantins, Maranhão e Mato Grosso. É notável por ser o maior bioma do Brasil, cobrindo aproximadamente 49% do

território nacional. Além disso, a Floresta Amazônica preserva a maior parcela de sua cobertura vegetal original, destacando-se pela sua imensa diversidade de vida, abrigando uma variedade exuberante de seres vivos (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017).

Esse bioma é notável por abrigar uma biodiversidade excepcional, contando com cerca de 13.056 espécies de plantas, distribuídas por toda a sua extensão. No entanto, preocupantemente, cerca de 13% dessas espécies se encontram ameaçadas de extinção (BFG, 2021). Acredita-se que a Floresta Amazônica seja o lar de aproximadamente 73% de todas as espécies de mamíferos e 80% de todas as espécies de aves presentes no Brasil (CTFB, 2021; MMAMC, 2022).

A relevância da Floresta Amazônica vai além de sua diversidade biológica, desempenhando um papel vital na captura de carbono por meio de sua biomassa vegetal. Além disso, a floresta desempenha um papel fundamental na produção de água e na distribuição de umidade por intermédio dos chamados "rios aéreos", que transportam umidade para várias regiões do território brasileiro (CAPOBIANCO, 2004).

O Cerrado é considerado um bioma de grande importância para a conservação devido às suas taxas significativas de endemismo e às ameaças de extinção que muitas espécies enfrentam. Esse bioma está presente em 10 estados federativos e é o segundo maior bioma do Brasil (AGUIAR et al., 2016).

Apresentando uma série de rios que se originam dentro de sua extensão e que atravessam outros biomas brasileiros, o Cerrado desempenha um papel fundamental na manutenção de outras regiões (AGUIAR et al., 2016). Abriga as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata (MMAMC, 2022).

O Cerrado se destaca como a savana com a maior diversidade de espécies em todo o mundo, contando com quase 13.000 espécies de plantas. Entre essas, cerca de 220 espécies têm potencial medicinal, e 416 espécies podem ser empregadas na recuperação de ambientes degradados (MMAMC, 2022).

O Pantanal é uma vasta planície alagada que experimenta variações nos níveis de chuvas e fluxo de rios de acordo com as diferentes estações climáticas.

Esse bioma está presente nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, mas também se estende além das fronteiras nacionais, alcançando territórios como a Argentina. O Pantanal abriga uma riqueza notável de animais, incluindo espécies migratórias que utilizam os ecossistemas locais para descanso e reprodução (AGUIAR et al., 2016).

No que diz respeito à flora, aproximadamente 1682 espécies de plantas foram identificadas no bioma do Pantanal. Entre essas, cerca de 170 espécies têm seu *status* de conservação conhecido, e lamentavelmente, 24 dessas espécies estão ameaçadas de extinção (BFG, 2021; MMAMC, 2022).

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro que exhibe características edáficas, climáticas e bióticas (flora e fauna) que o tornam verdadeiramente singular. Ele abrange a região nordeste do país e é marcado por um clima árido com baixos índices de chuva. As plantas nesse ambiente desenvolveram adaptações para enfrentar altos níveis de radiação solar, incluindo a estratégia de perder folhas durante a estação seca para conservar água. A Caatinga é o lar de aproximadamente 380 espécies de plantas endêmicas desse bioma (AGUIAR et al., 2016).

Apesar das condições desafiadoras, a Caatinga possui uma rica biodiversidade, com cerca de 4.965 espécies de plantas distribuídas por seu território. Dessas, 827 espécies têm seu estado de conservação conhecido, e preocupantemente, aproximadamente 30% delas estão ameaçadas (BFG, 2021).

Os Pampas estão localizados na região sul do Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul - são caracterizados por planícies cobertas por diversas espécies de gramíneas, com terreno suavemente ondulado. Esse bioma também se estende para países vizinhos, como Uruguai e Argentina (AGUIAR et al., 2016).

Foram catalogadas até o momento 2817 espécies de plantas nesse bioma, das quais 408 têm seu estado de conservação identificado, sendo que 28% delas estão ameaçadas (BFG, 2021). Em relação à fauna, das quase 960 espécies de animais registradas nos Pampas, aproximadamente 78 estão em algum grau de ameaça (ICMBIO, 2018).



Apesar da impressionante diversidade de seres vivos e das altas taxas de endemismo nos diversos biomas do Brasil, mudanças significativas estão sendo provocadas por ações humanas, afetando a estrutura dos ecossistemas e impactando diretamente e indiretamente a vida de numerosos organismos (MOREIRA-COSTA; SOUZA, 2022) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Panorama dos biomas brasileiros e as principais ameaças causadas pelo homem

<b>BIOMAS BRASILEIROS E AS AÇÕES ANTRÓPICAS SOFRIDAS</b>			
<b>Biomas</b>	<b>Dimensão territorial</b>	<b>Cobertura florestal atual</b>	<b>Efetivas ameaças</b>
<b>Mata Atlântica</b>	1.059.027 Km <sup>2</sup>	12,5%	- Utilização indiscriminada dos recursos naturais - Fragmentação florestal - Ocupação de áreas impróprias - Flora e fauna ameaçadas - Mau uso do solo
<b>Floresta Amazônica</b>	4.230.490 Km <sup>2</sup>	81%	- Fragmentação florestal - Queimadas - Mineração irregular - Práticas agropecuárias intensivistas - Construção de hidrelétricas - Fauna e flora ameaçadas
<b>Cerrado</b>	2.047.146 Km <sup>2</sup>	54,5%	- Fragmentação florestal - Fauna e flora ameaçadas - Agropecuária intensivista
<b>Pantanal</b>	151.186 Km <sup>2</sup>	46,0%	- Agropecuária intensivista (gado/cana-de-açúcar, especialmente) - Erosão e assoreamento - Saneamento básico
<b>Caatinga</b>	825.750 Km <sup>2</sup>	54,4%	- Agropecuária - Desmatamento - Fauna e flora ameaçadas - Desertificação
<b>Pampas</b>	178.243 Km <sup>2</sup>	85%	- Agropecuária - Uso inadequado do solo - Introdução de espécies invasoras e exóticas.

Fonte: Adaptado de Santos, Junior e Barcellos, 2021.

Os biomas brasileiros não apenas servem como refúgio para a vida selvagem, mas também abrigam milhões de pessoas em diferentes níveis de

organização, desde distritos até cidades e estados. Portanto, o bem-estar e o funcionamento das sociedades estão intrinsecamente ligados aos recursos naturais proporcionados pelos biomas, que abrangem ecossistemas terrestres e aquáticos, permitindo o desenvolvimento humano.

As florestas tropicais desempenham um papel crucial ao fornecer diversos serviços ecossistêmicos que são fundamentais para a manutenção dos ambientes e de todas as formas de vida, incluindo a espécie humana. Esses serviços incluem a regulação e purificação da água, a formação do solo, a reciclagem de nutrientes, o controle da erosão, a regulação do clima, a produção de oxigênio, a polinização, o controle de pragas e doenças, a produção de alimentos, entre outros (WWF, 2018; EMBRAPA, 2023).

No entanto, a fragmentação das florestas devido ao desmatamento predatório, muitas vezes visando a expansão das áreas agropecuárias, tem efeitos diretos na qualidade e quantidade da água, assim como nas taxas de fertilidade do solo (ANA, 2013; SOUZA, 2015). O desmatamento e o uso inadequado do solo podem impactar a disponibilidade de água nos ecossistemas, afetando todos os seres vivos que dependem dela, incluindo os seres humanos (SOUZA, 2015; LIMA; PRADO; LATAWIEC, 2021).

A remoção da cobertura vegetal por meio do desmatamento resulta em uma diminuição na prestação de serviços ecossistêmicos. No contexto brasileiro, as ameaças persistentes à Mata Atlântica e ao Cerrado têm gerado impactos e externalidades negativos na disponibilidade de recursos hídricos para as regiões que esses biomas abrangem (SOUZA, 2015; 2018; LIMA; PRADO; LATAWIEC, 2021).

### **3. A regeneração natural dos ecossistemas**

O uso não sustentável dos recursos naturais tem resultado na degradação de muitas áreas, levando várias espécies, inclusive, à beira da extinção. A fragmentação de ambientes florestais, incêndios florestais, uso inadequado do solo, caça predatória e outras atividades têm desequilibrado os ecossistemas, causando sérios danos à sua manutenção (MACHADO et al., 2013).

Estima-se que existam pelo menos 200 milhões de hectares de terras degradadas que requerem processos regenerativos. Isso é especialmente devido às práticas da agropecuária, à exploração predatória de produtos florestais e às tecnologias que aceleram mudanças drásticas em ambientes naturais em grande escala (ANGELIS-NETO et al., 2004; AMARAL et al., 2013).

A recuperação da vegetação em ecossistemas alterados é predominantemente conduzida pelo banco de sementes presente nesses ambientes. Os bancos de sementes funcionam como reservatórios de diversidade genética vegetal que podem ser empregados para a restauração de áreas perturbadas ou degradadas, bem como para aumentar a sobrevivência de espécies de plantas ameaçadas de extinção (PÉREZ et al., 2001; MACHADO et al., 2013; SOUZA, 2018).

O banco de sementes é composto por uma variedade de propágulos, que podem ser originários da área local ou transportados de outras áreas por meio de síndromes de dispersão abiótica ou síndromes conduzidas por animais (MOREIRA-COSTA, SOUZA, 2022) (Figura 2).



**Figura 2.** Cápsula de sementes do *Basiloxydon brasiliensis* (pau-rei), espécie comum em florestas estacionais semidecíduais, da região sul do Espírito Santo. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

Esses bancos de sementes consistem em sementes viáveis presentes no solo e também na serapilheira, representando um sistema que inclui sementes

provenientes da "chuva de sementes" e sementes dispersas por animais, algumas das quais podem germinar dentro de um ano após a dispersão, enquanto outras podem levar mais tempo para germinar (SIMPSON, 1989; MACHADO et al., 2013; SOUZA, 2018).

A regeneração natural dos ecossistemas se inicia por intermédio de dois grupos funcionais de plantas: as pioneiras e as secundárias iniciais. É fundamental que o banco de sementes contenha espécies pertencentes a esses grupos, já que eles constituem a base dos processos de regeneração (MARTINS, 2013; ALMEIDA, 2016; GANDOLFI, 2017).

A presença de espécies arbóreas da família Fabaceae desempenha um papel significativo na regeneração e subsequente sucessão de espécies. Essas plantas melhoram a qualidade do solo ao se associarem com fungos micorrízicos (ARÊAS et al., 2022). Essa associação entre plantas e fungos contribui para o enriquecimento do solo com nitrogênio, favorecendo a colonização de outras espécies vegetais que requerem ambientes com maiores níveis de fertilidade, umidade e sombreamento (MACHADO et al., 2010; SOUZA, 2018).

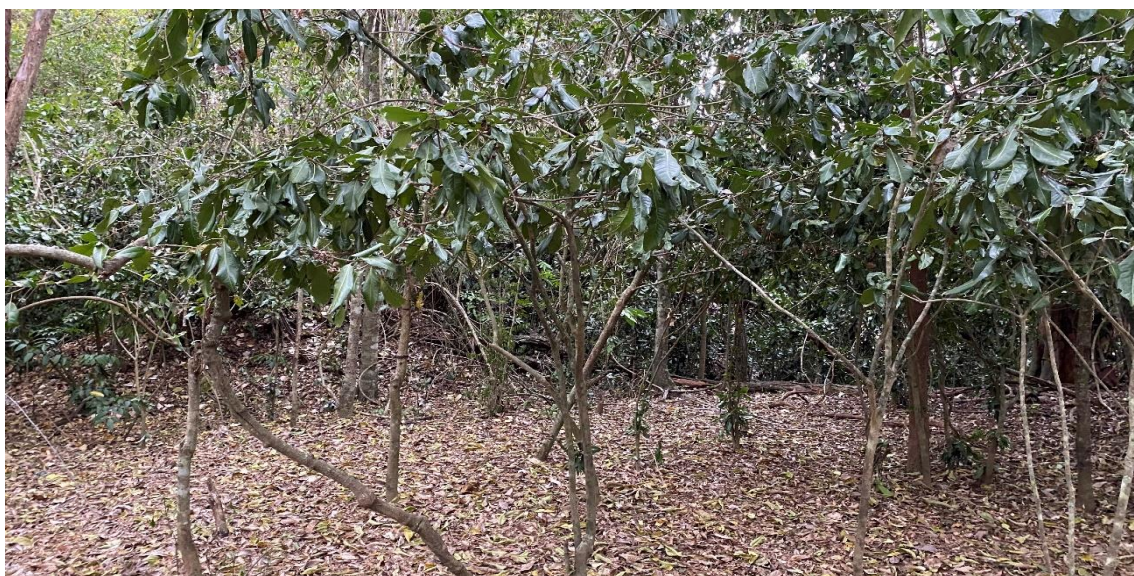
As plantas não arbóreas também têm um papel significativo na regeneração do ambiente de várias maneiras (Figura 3).



**Figura 3.** Regeneração natural em fragmento florestal, Conduru, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, ES. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

Os serviços provenientes desse grupo de plantas inclui a provisão de alimento para herbívoros, a oferta de recursos florais para insetos polinizadores, bem como a produção de frutos e sementes que são consumidos por uma variedade de animais, como mamíferos e aves. Portanto, essas plantas desempenham funções ecológicas importantes, contribuindo positivamente para o equilíbrio dos ambientes em processo de regeneração (MIRANDA-NETO et al., 2017).

No entanto, vale ressaltar que determinados ambientes em regeneração podem ter seus processos pausados ou até mesmo inativados, devido à ausência de sementes pertencentes às espécies clímax, que são importantes no processo de sucessão (LEAL-FILHO, 1992; ALMEIDA, 2016). Assim sendo, faz-se importante que o banco de sementes possua os diferentes grupos vegetais funcionais para uma regeneração ecológica estruturada (Figura 4).



**Figura 4.** Regeneração natural e deposição de serapilheira em fragmento florestal, Conduru, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Fonte: Willian Moreira da Costa, 2023.

#### **4. A polinização realizada por abelhas nativas**

No decorrer do processo evolutivo, as angiospermas desenvolveram várias adaptações que impulsionaram sua diversificação e disseminação pelo planeta. Um dos aspectos fundamentais desse processo foi a evolução da reprodução, notadamente pela evolução das flores, estruturas reprodutivas que exibem uma

notável diversidade em suas formas. Por intermédio dessa diversidade de flores, as angiospermas demonstram uma adaptação aos diversos ambientes, o que resultou em uma notável evolução (AMARAL; FILHO, 2010).

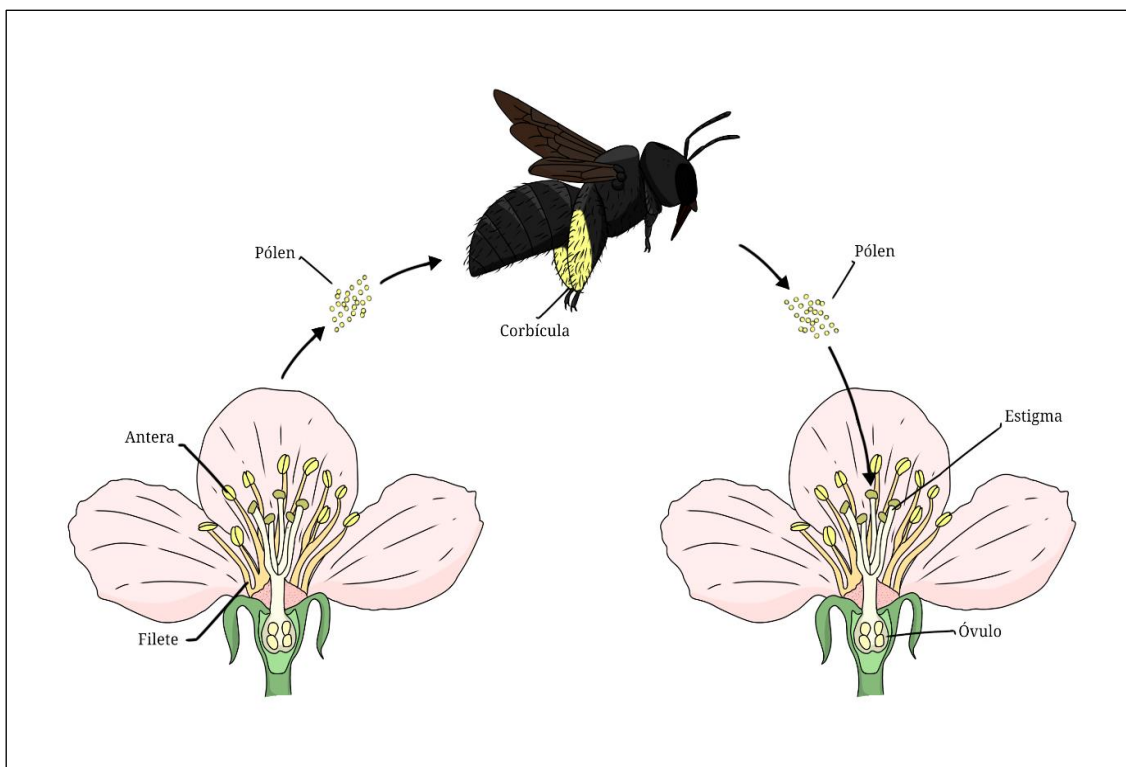
As flores podem ser hermafroditas, contendo ambos os órgãos sexuais masculinos e femininos, ou podem ser unissexuais, portando apenas um tipo de órgão sexual. Os órgãos reprodutivos femininos em conjunto são chamados de gineceu, enquanto o agrupamento de estruturas masculinas é denominado androceu.

No processo de reprodução das plantas com flores, o grão de pólen, que contém a célula reprodutiva masculina, deve alcançar o estigma, a estrutura reprodutiva feminina. Isso possibilita que o grão de pólen seja transportado até o ovário, onde ocorre a fertilização dos óvulos. O transporte dos grãos de pólen da antera até o estigma é conhecido como polinização. Algumas plantas podem realizar autopolinização, sem depender de agentes externos, o que é denominado autocompatibilidade. No entanto, outras espécies requerem ajuda externa para a fecundação (OLIVEIRA, 2013; CUNHA; NÓBREGA; ANTONIALLI JUNIOR, 2014).

A polinização ocorre de três maneiras principais: A) autopolinização direta; B) troca de material genético (pólen) entre diferentes flores da mesma planta, chamada de geitonogamia; C) troca de pólen entre flores de plantas distintas, mas da mesma espécie, conhecida como xenogamia. A presença de insetos polinizadores desempenha um papel crucial na eficácia da polinização nas duas últimas formas (SANTOS, 2008; COSTA; OLIVEIRA, 2013; CUNHA; NÓBREGA; ANTONIALLI JUNIOR, 2014).

A polinização é um serviço ecossistêmico essencial para regular a reprodução de muitas espécies vegetais (VIEIRA; ANDRADE, PEREIRA, 2021). A entrada de novas plantas nos ecossistemas, ou seja, o recrutamento de novos indivíduos nos sistemas ecológicos é mediado pela polinização e pela dispersão de sementes (JORDANO et al., 2006). Essas ações ecossistêmicas são cruciais para manter o fluxo genético das populações e comunidades (DEMINICIS et al., 2009).

O serviço ecossistêmico de polinização desempenha um papel vital nos ecossistemas, pois inúmeras espécies vegetais dependem desse processo para sua reprodução e sobrevivência. A polinização pode ser realizada por fatores abióticos, como vento e água, ou com a ajuda de animais vertebrados, como mamíferos e aves, e insetos, especialmente abelhas, borboletas, besouros e moscas (NASCIMENTO et al., 2012). Dentre esses polinizadores, as abelhas se destacam por sua eficácia no transporte de pólen e no sucesso reprodutivo de várias espécies silvestres e de importância agrícola (GARIBALDI et al., 2016) (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema representativo da polinização realizada por abelhas. Fonte: Acervo Emily Suellen Fernandes Nascimento, 2023.

Nesse contexto, a contribuição das abelhas para o serviço de polinização é crucial em ecossistemas que perderam sua vegetação natural. A ação desses polinizadores é fundamental para a geração de sementes por meio da reprodução das plantas, o que, por sua vez, resulta na regeneração do ambiente. No território brasileiro, estudos indicam que de 40% a 90% da flora silvestre depende das abelhas nativas para realizar a polinização (KERR; CARVALHO; NASCIMENTO, 1996).

Contudo, diversas atividades humanas têm levado as populações de abelhas a declínios e, em alguns casos, à extinção. A fragmentação das florestas devido ao desmatamento, práticas agrícolas intensivas, uso indiscriminado de agrotóxicos, manejo inadequado do solo, introdução de espécies exóticas e mudanças climáticas são algumas das ações que afetam negativamente as comunidades de abelhas, tornando incerta a polinização de muitas espécies vegetais (MWEBAZE et al., 2018).

As abelhas desempenham um papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas. A extinção de uma única espécie de abelha pode ter impactos significativos na reprodução das plantas (BARBOSA et al., 2017). O crescimento desordenado das áreas urbanas, expansão das áreas agrícolas, uso excessivo de agrotóxicos, diminuição das áreas verdes e escassez de recursos alimentares afetam as populações de abelhas, resultando em redução de sua abundância e diversidade nos ambientes (SILVIA et al., 2016; SOUZA, 2018).

As abelhas pertencem à superfamília Apoidea, inserida na ordem Hymenoptera. São conhecidas cerca de 20.500 espécies de abelhas distribuídas pelos diversos biomas do planeta, embora se acredite que possa existir até 30.000 espécies (ASCHER; PICKERING, 2020). No Brasil, há registros de aproximadamente 1.600 espécies, mas estima-se que esse número possa chegar a 3.000 espécies em todo o território (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Dentre essas espécies, cerca de 300 pertencem ao grupo das abelhas sem ferrão, que são sociais e formam grandes colônias com divisão de trabalho. Essas abelhas desempenham um papel importante na polinização de várias culturas agrícolas e possuem uma relação estreita com espécies florestais. As demais espécies de abelhas podem variar em grau de sociabilidade, desde parcialmente sociais até totalmente solitárias (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; ALVES, 2015).

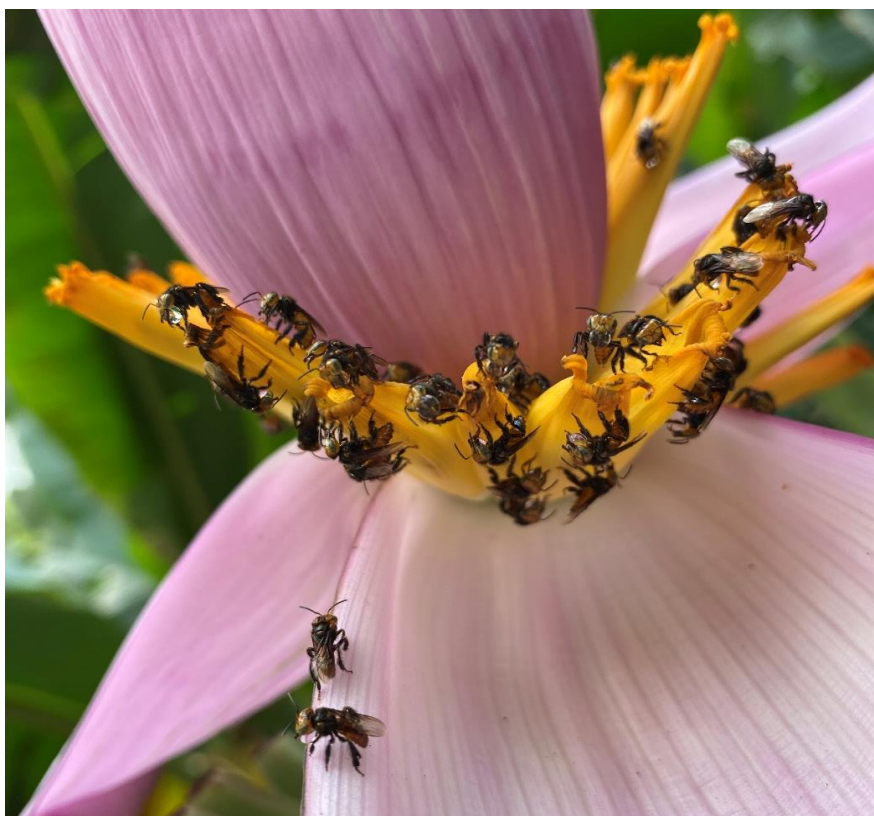
As abelhas constroem seus ninhos em uma variedade de locais, como troncos e galhos de árvores secas, barrancos, cavidades no solo, buracos em rochas e até ninhos abandonados por outras espécies como formigas, cupins e vespas. A maioria das abelhas solitárias faz seus ninhos no solo (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; AGUIAR; GAGLIANONE, 2003).



Esses insetos apresentam tamanhos variados, variando de 2 mm a 5 cm, e exibem uma ampla gama de cores. Algumas espécies têm tons de marrom, amarelo e preto, enquanto outras apresentam cores metálicas como verde, azul, vermelho, cobre e roxo (GARÓFALO et al., 2012). A seguir, serão apresentadas algumas tribos de abelhas nativas e sua relação com plantas silvestres, típicas de áreas verdes como florestas, capoeiras e áreas em regeneração natural:

➤ **Meliponini (Apidae)**

São conhecidas como as “abelhas-sem-ferrão”, embora não sejam capazes de ferroar, essas abelhas criaram estratégias de defesa, tais como: morder partes sensíveis do corpo do oponente (região dos olhos, lábios, nariz, dentre outras) e enroscarem-se nos cabelos; algumas espécies, inclusive, podem liberar substâncias cáusticas (WITTER et al., 2014) (Figura 6).



**Figura 6.** Abelhas caga-fogo, *Oxytrigona tataira* (Meliponini: Apidae), visitando flor de bananeira-ornamental. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

Constroem seus ninhos, geralmente, em ocos de árvores, em ninhos abandonados de vespas, formigas, cupins, cavidades pré-existentes no solo, em

rochas, ou podem também construir suas colônias de forma exposta. Utilizam barro, cera, resinas para construir seus ninhos (PEREIRA; SOUZA; LOPES, 2017). No Brasil são conhecidas cerca de 300 espécies para a tribo Meliponini, mas nem todas as espécies são manejadas. Essas abelhas são efetivas polinizadoras de diversas espécies da flora nativa, quanto de plantas de interesse agrícola (ALVES, 2015).

Acredita-se, que 30% da flora nativa da Caatinga e do Pantanal dependam dessas abelhas para a polinização, enquanto para a Mata Atlântica atribua-se cerca de 90% de dependência da flora por abelhas-sem-ferrão (PEREIRA; SOUZA; LOPES, 2017) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Plantas silvestres (nativas) visitadas por abelhas (Meliponini: Apidae), com possível polinização

<b>MELIPONINI</b>	
<b>Plantas silvestres</b>	<p>Murici, Pitanga, Camu-camu, Acapurana, Umbu, Clússia, Sereíba, Sansão-do-campo, Mata-pasto, Fruta-de-lobo, Jurubeba, Cupiúva, Lacre-branco, Paricá, Mogno-brasileiro, Pau-de-pombo, Picão-do-mato, Vassoura-de-bruxa, Laranjinha-do-cerrado, Assa-peixe, Flamboyanzinho, Cedro-rosa, Eucalipto, Uvaia, Ipê-amarelo, Leucena, Alfavacão, Sebipira, Canudo-de-pito, Cássia-do-nordeste, Ipê-de-jardim, Tapira-coiana, Chá-de-bugre, Mandiocão, Amescla-cheirosa, Pau-pólvora, Marmeleiro-preto, Pau-ferro, Jurema-branca, Catanduva, Tamanqueira, Enxota, Angelim-rasteiro, Amor-agarradinho, Alecrim-do-campo, Mercúrio-do-campo, Juçara, Perobinha, Sucupira-preto, Murici-anão-do-campo, Copaíba, Chapéu-de-couro, Casiruba, Paricá.</p>

Fonte: Imperatriz-Fonseca et al., 2011.

#### ➤ **Bombini (Apidae)**

Denominadas mamangavas-de-chão, essas abelhas são grandes e robustas, medindo entre 11mm e 33mm de comprimento. Apresentam, geralmente, colorações voltadas para o preto e o amarelo (GAGLIANONE et al.,

2015) (Figura 7). Consideradas como abelhas primitivamente sociais, tem preferência em nidificar em solos que apresentam cobertura vegetal, por exemplo, gramíneas ou outras plantas. No entanto, podem-se encontrar representantes da tribo nidificando em ninhos abandonados de aves ou roedores (MICHENER, 2000).



**Figura 7.** Mamangava-de-chão, *Bombus morio* (Bombini: Apidae), visitando flor de planta aquática. Fonte: Acervo Kamila Moreira da Costa, 2023.

As mamangavas-de-chão possuem boa adaptação às regiões onde o clima é mais ameno, uma vez que, possuem a habilidade de regular a temperatura corporal, o que as permite e facilita a busca por recursos alimentares em dias, períodos onde as temperaturas estão mais baixas, se sobressaindo, em relação as abelhas melíferas (*Apis*) e outras abelhas nativas (SHEPHERD et al., 2011; WITTER et al., 2014).

No Brasil ocorrem seis espécies da tribo, entre elas *Bombus morio* e *Bombus pauloensis*, que realizam o comportamento de vibração (*buzz pollination*), nas anteras (poricidas) de plantas solanáceas, coletando, assim o pólen dessas flores. Essas abelhas demonstram elevado potencial para a

polinização de variadas espécies da flora, especialmente, plantas pertencentes as famílias Asteraceae, Fabaceae, Verbenaceae, Lamiaceae e Solanaceae (WITTER et al., 2014) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Plantas silvestres (nativas) visitadas por abelhas (Bombini: Apidae), com possível polinização

BOMBINI	
<b>Plantas silvestres</b>	Picão do mato, Fruta-de-lobo, Jurubeba, Benjoeiro, Perobinha-do-campo, Cabelo-de-negro, Fruta-de-tucano, Fedegoso-do-mato, Mogno-brasileiro, Cumaru, Gabiroba, Fedegosão, Mercúrio-do-campo, Unha-d'anta, Estoraque, Jurubeba, Picão.

Fonte: Imperatriz-Fonseca et al., 2011; Silva et al., 2014.

➤ **Euglossini (Apidae)**

Intituladas abelhas-de-orquídeas, os representantes dessa tribo possuem bonitos coloridos, que percorrem o preto, amarelo, enquanto outros podem apresentar tons metálicos em verde, azul, violeta, vermelho e acobreado (Figura 8).



**Figura 8.** Abelhas-de-orquídeas (Euglossini: Apidae): à esquerda, *Eulaema cingulata*; e à direita *Eulaema nigrita*. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

As abelhas-de-orquídeas apresentam estrutura corporal robusta, de tamanho mediano e grande (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

A tribo possui cinco gêneros, que contam com cerca de 240 espécies, muitas delas, raras (MOURE, 2012; CÂNDIDO et al., 2018).

Os machos possuem relação íntima com famílias de plantas que produzem essências florais, como é o caso das orquídeas (Orchidaceae). Coletam as fragrâncias e as armazenam em estrutura modificada, presente nas tíbias das pernas posteriores (BRAGA; GARÓFALO, 2003). Nidificam em cavidades pré-existent, mas podem construir seus ninhos em locais expostos. São solitárias, mas algumas espécies apresentam certo grau de sociabilidade, nidificando em agregações (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Plantas silvestres (nativas) visitadas por abelhas (Euglossini: Apidae) com possível polinização

<b>EUGLOSSINI</b>	
<b>Plantas silvestres</b>	Mangaba, Canela-de-ema, Cana-de-macaco, Beijinho, Vassoura de bruxa, Pau-terra-do-cerrado, Fruta-de-lobo, Gervão-roxo, Tumbérgia-azul, Catuíba, Oiti-de-ema, Guizo-de-cascavel, Plumel, Batata-infalível, Ervas-de-leite, Pau-terra, Laranjinha-do-cerrado, Ipê-amarelo, Clúsia, Cana-do-brejo, Dicorisandra, Gervão, Maria-sem-vergonha, Catuaba, Cipó-cururu, Estoraque, Feijão-de-guizos, Folha-de-serra, Marapuama, Oiti-de-ema, Paratudo, Pau-d'arco, Pau-de-leite.

Fonte: Imperatriz-Fonseca et al., 2011; Silva et al., 2014).

#### ➤ **Centridini (Apidae)**

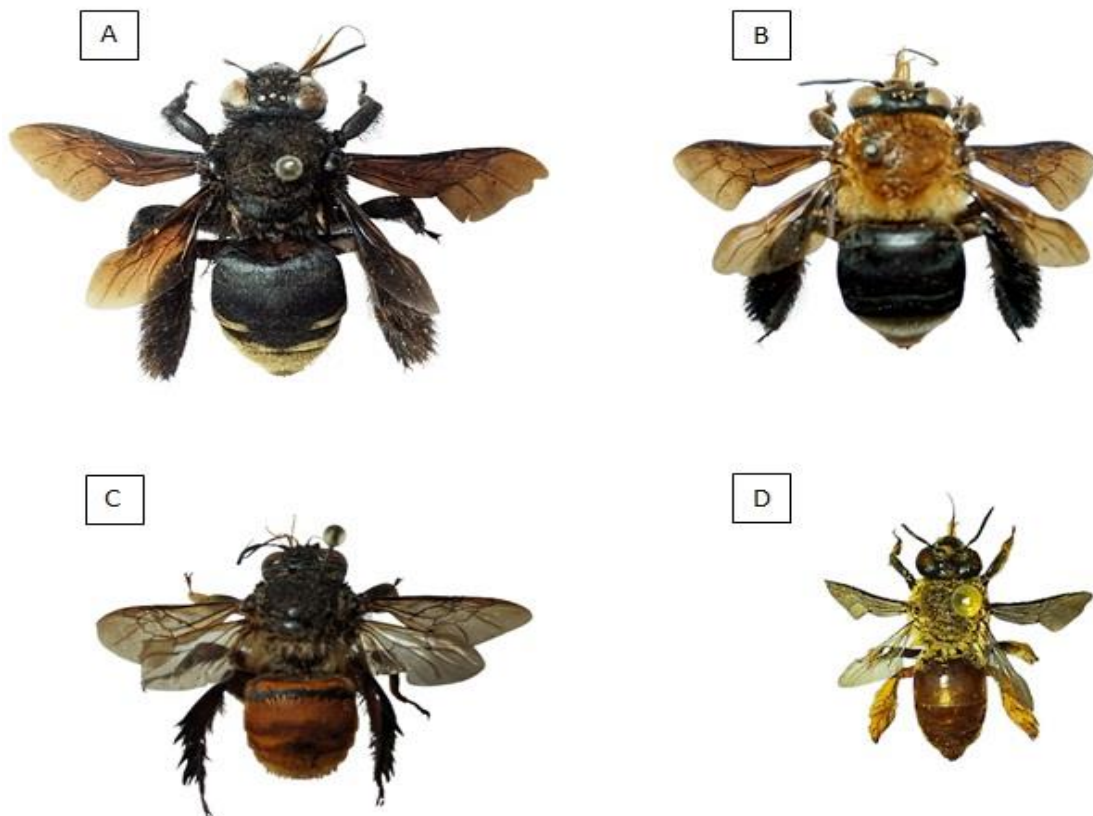
São chamadas de abelhas-coletoras-de-óleo, visitando especialmente plantas pertencentes às famílias Malpighiaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Calceolariaceae, dentre outras (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; BUCHMANN, 2004).

As abelhas desta tribo são solitárias, sem construção de ninhos com divisão de castas e tarefas; no entanto, costumam nidificar em grandes agregações.

Geralmente os ninhos são construídos no solo, mas algumas espécies nidificam em cavidades pré-existent (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

A tribo Centridini é composta pelos gêneros *Centris* e *Epicharis*. O gênero *Centris* possui um grande número de espécies distribuídas pela Argentina, Bolívia, Brasil, seguindo aos Estados Unidos. *Epicharis* é um gênero que apresenta uma diversidade menor quando comparado ao seu grupo irmão *Centris*, abelhas *Epicharis* ocorrem desde a Bolívia, Argentina, Brasil ao México (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

As abelhas Centridini possuem grande representatividade, número de espécies e abundância nas regiões tropicais; entretanto, podem-se encontrar espécies habitando áreas com clima mais seco. Sua abrangência é exclusiva nas Américas, apresentando maior diversidade de espécies na região neotropical (GAGLIANONE et al., 2011) (Figura 9).



**Figura 9.** Abelhas-coletoras-de-óleo (Centridini: Apidae). A – *Centris obsoleta*; B – *Centris similis*; C – *Centris longimana*; e D – *Centris tarsata*. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

A tribo Centridini é representada por espécies de tamanho médio ou grande, que apresentam estrutura corporal variando nos tons de preto, marrom, amarelo. Essas abelhas possuem pilosidade no corpo, que são cerdas “pelos” que as auxiliam no transporte de pólen e outros recursos. Nas pernas posteriores, se encontra a escopa, um aglomerado de cerdas, que pode carregar grandes quantidades de pólen (BUCHMANN, 2004) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Plantas silvestres (nativas) visitadas por abelhas (Centridini: Apidae), com possível polinização

<b>CENTRIDINI</b>	
<b>Plantas silvestres</b>	Cipó-prata, Murici-assú, Rabo-de-pitu, Guizo-de-cascavel, Ganxuma-vermelha, Murici-macho, Carobinha, Fruta-de-lobo, Angelim-rasteiro, Catuíba, Cipó-folha-de-prata, Marmelinha-da-flor-branca, Murici-rosa, Murici-anão-do-campo, Ipê-opa, Carobinha, Murici-assú, Pau-de-goma, Picão, Murici, Cocão, Fedegoso, Pau-cigarra, Casiruba, Timbó, Jurubeba, Pau-doce, Gomeira, Cinzeiro, Douradinha-falsa, Adesmia, Cai-cai, Cipó-ouro, Feijão-de-guizos, Lobeira, Murici-paquifila, Sene, Cabo-verde, Cinco-folhas, Fedegosão, Lobeira, Pau-de-tucano, Pau-doce, pau-de-goma, Angelim-do-campo, Catuaba, Ipê-amarelo, Murici.

Fonte: Imperatriz-Fonseca et al., 2011; Silva et al., 2014.

#### ➤ **Xylocopini (Apidae)**

São conhecidas como abelhas-carpinteiras ou mamangavas-de-toco: isso devido ao comportamento das fêmeas em escavar na madeira seus ninhos. As abelhas-carpinteiras possuem tamanho grande, podendo algumas espécies medir até 36mm, como as fêmeas de *X. frontalis*. A tribo apresenta espécies com colorações mais voltadas para o preto, marrom e ferrugíneo (WITTER et al., 2014) (Figura 10).

São consideradas abelhas solitárias; porém, algumas espécies possuem algum grau de sociabilidade. Há registros de associações entre mães e filhas, ou entre irmãs, num mesmo ninho (WITTER et al., 2014).

Há cerca de 700 espécies de abelhas dessa tribo distribuídas pelo planeta; no Brasil, acredita-se que exista 50 espécies. Estão bem representadas em regiões tropicais e subtropicais; entretanto, possuem abrangência também em áreas temperadas (SILVEIRA et al., 2002).



**Figura 10.** Abelha-carpinteira, *Xylocopa nigrocincta* (Xylocopini: Apidae).  
Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2023.

**Tabela 6.** Plantas silvestres (nativas) visitadas por abelhas (Xylocopini: Apidae), com possível polinização

<b>XYLOCOPINI</b>	
<b>Plantas silvestres</b>	Perobinha-do-campo, Sucupira-preto, Flamboyanzinho, Paineira-da-mata, Leucena, Vassourinha-de-bruxa, Fedegoso, Timbó, Guizo-de-cascavel, Carobinha, Pau-de-José, Pau-terra, Fedegoso-branco, Manduirana, Fruta-de-lobo, Benjoeiro, Pau-de-goma, Pau-terra, Casiruba, Jurubeba, Murici, Pitanga, Umbu, Cumaru, Cabo-verde, Cipó-de-timbó, Perobinha, Rosa-do-cerrado, Sucupira-preta, Estoraque, Fedegoso-do-mato, Feijão-de-guizos, Folha-de-serra, Lobeira, Pau-santo, Quina-doce, Sene, Embira, Estoraque, Fedegoso, Fedegosão, Folha-de-serra, Pau-terra-do-cerrado.

Fonte: Imperatriz-Fonseca et al., 2011; Silva et al., 2014.



## 5. Considerações finais

O Brasil ostenta uma notável riqueza de biodiversidade que lamentavelmente está sendo impactada de maneira negativa pelas atividades humanas, levando inúmeras espécies de plantas e animais à beira da extinção. Esse cenário coloca em perigo o equilíbrio frágil dos diversos biomas presentes no país.

Em meio a essa situação, o banco de sementes emerge como um aliado vital no processo de regeneração natural dos ecossistemas. Entretanto, para assegurar o estabelecimento de uma estrutura vegetal equilibrada, capaz de permitir a sucessão ecológica, é de extrema importância que o banco de sementes contenha espécies representantes dos diferentes grupos funcionais.

A polinização é um processo de importância ímpar que ocorre em variados ecossistemas, abrangendo desde florestas até áreas agrícolas. Esse processo é fundamental para a reprodução de diversas espécies de plantas, garantindo a produção de sementes que, por sua vez, viabiliza a geração de novos indivíduos e sua incorporação nos ambientes naturais, incluindo florestas maduras, zonas em regeneração e áreas agrícolas.

As abelhas nativas desempenham um papel excepcional como polinizadoras eficazes de numerosas espécies de plantas, tanto silvestres quanto cultivadas. Isso as coloca como um grupo animal funcional de extrema importância em variados ambientes, incluindo aqueles que sofreram a perda da vegetação e estão no processo de regeneração. O papel vital das abelhas nativas na polinização é fundamental para a promoção do crescimento saudável das plantas e para a restauração de ecossistemas degradados.

Em suma, a manutenção da biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros dependem de ações efetivas para conservar e proteger espécies de plantas e animais, assim como os processos ecológicos essenciais como a polinização.

As abelhas nativas, como valiosas polinizadoras, desempenham um papel significativo na regeneração de ambientes degradados, contribuindo para a reintrodução de diversas espécies vegetais e, por conseguinte, para a restauração do equilíbrio ecológico.

## 6. Referências

AGUIAR, C. M. L.; GAGLIANONE, M. C. 2003. Nesting biology of *Centris (Centris) aenea* 566 Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 601-606, 2003.

AGUIAR, S; SANTOS, S. I; ARÊDES, N; SILVA, S. Redes-bioma: informação e comunicação para ação sociopolítica em ecorregiões. **Ambiente & Sociedade**, n. 3, p. 233-252, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2013, 432p.

ALVES, D. A. **A importância da paisagem agrícola no serviço de polinização das abelhas**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, cap. 3, p. 32-43, 2015.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental na Mata Atlântica**. 3ª ed. Ilhéus: Editus, p. 60-70, 2016.

ALVES, D. A. A importância da paisagem agrícola no serviço de polinização das abelhas. In: **Agricultura e polinizadores**. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, cap. 3, p. 32-43, 2015.

AMARAL, L. D; FILHO, F. A. S. **Sistemática Vegetal II Estudo das plantas vasculares**. Florianópolis: Biologia/EaD/UFSC, 2010, 162p.

AMARAL, W. G; PEREIRA, I. M; AMARAL, C. S; MACHADO, E. L. M; RABELO, L. D. O. Dinâmica da flora arbustivo-arbórea colonizadora em uma área degradada pela extração de ouro em Diamantina, MG. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 713-725, 2013.

ANGELIS-NETO, G; ANGELIS, B. L. D; OLIVEIRA, D. S. O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 1, p. 65-73, 2004.

ARÊAS, E. M. J; ARÊAS, P. M. J; CAMPELLO, E. F. C; RESENDE, A. S. Banco de sementes do solo após 25 anos do plantio de leguminosas arbóreas em área de empréstimo – Seropédica, RJ. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 698-714, 2022.

ASCHER, J. S.; PICKERING, J. (2020). **Descubra o guia de espécies de abelhas da vida e a lista de verificação mundial (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila)**. Disponível em: [http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea\\_species](http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species). Acesso em: 20 jul. 2023.

BARBOSA, D. B; CRUPINSKI, E. F; SILVEIRA, R. N; LIMBERGER, D. C. H. As abelhas e o seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica**, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017.

BFG (THE BRAZIL FLORA GROUP) - **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021, 28p.

BRAGA, A. K; GARÓFALO, C. A. **Coleta de fragrâncias por machos de *Euglossa townsendi* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) em flores de *Crinum procerum* Carey (Amaryllidaceae)**. In: Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure. Editora UNESC, Criciúma, p. 210-207, 2003.

BUCHMANN, S. L. **Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinators of tomatoes and other crops**. In: Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 203-211, 2004.

CÂNDIDO, M. E. M. B; MORATO, E. F; STORCK-TONON, D. MIRANDA, P. N; VIEIRA, L. J. S. **Efeitos de fragmentos e características da paisagem sobre a riqueza de abelhas (Apidae:Euglossini) em uma matriz urbana, sudoeste da Amazônia**. Journal of Insect Conservation, v. 22, p. 475-486, 2018.

CAPOBIANCO, J. P. R. Os biomas brasileiros. In: **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92**. São Paulo: Estação Liberdade/ Instituto Socioambiental; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, p.127-165, 2004.

COSTA, C. C. A; OLIVEIRA, F. L. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. Pollination: ecosystem services and their use in agriculture. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p.1-10, 2013.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CTFB. **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Disponível em: <<http://fauna.jbr.j.gov.br/fauna/faunadobrasil/2>>. Acesso em: 11 jul. 2023.

CUNHA, D. A. S; NÓBREGA, M. A. S; ANTONIALLI JUNIOR, W. F. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. **Ensaio e Ciências**, v. 18, n. 4, p. 185-194, 2014.

DEMINICIS, B. B; VIEIRA, H. D; ARAÚJO, S. A. C; JARDIM, J. G; PÁDUA, F. T; CHAMBELA-NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 35-58, 2009.

EMBRAPA. **Serviços ambientais**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/perguntas-e-respostas>. 06 de jul. 2023.

GAGLIANONE, M. C; AGUIAR, A. J. C; VIVALLO, F; ALVES-DOS-SANTOS, I. Checklist das abelhas coletoras de óleos do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 657-666, 2011.

GAGLIANONE, M. C; CAMPOS, M. J. O; FRANCESCHINELLI, E; DEPRÁ, M. S; SILVA, N. P; MONTAGNANA, P. C; HAUTEQUESTT, A. P; MORAES, M. C. M; CAMPOS, L. A. O. **Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro**. Funbio, Rio de Janeiro, 2015, 48 p.

GANDOLFI, S. **Uma teoria sobre o processo de restauração ecológica de florestas tropicais e subtropicais: proposta e aplicação**. Tese de Livre Docência, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 105 p., 2017.

GARIBALDI, L. A; CARVALHEIRO, L. G; VAISSIÈRE, B. E; GEMMILL-HERREN, B; HIPÓLITO, J; FREITAS, B. M; NGO, H. T; AZZU, N; SÁEZ, A; ASTRÖM, J; AN, J; BLOCHTEIN, B; BUCHORI, D; GARCÍA, F. J. C; SILVA, F. O; DEVKOTA, K; RIBEIRO, M. F; FREITAS, L; GAGLIANONE, M. C; GOSS M; IRSHAD, M; KASINA, M; FILHO, A. J. S. P; KIILL, L. H. P; KWAPONG, P; PARRA, G. N; PIRES, C; PIRES, V; RAWAL, R. S; RIZALI, A; SARAIVA, A. M; VELDTMAN, R; VIANA, B. F; WITTER, S; ZHANG, H. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

GARÓFALO, C. A; MARTINS, C. F; AGUIAR, C. M. L; DEL-LAMA, M. A; SANTOS, I. A. **As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, cap.9, p. 183-202, 2012.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**, v. 1, 1. ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 492 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Conheça o Brasil – Biomas brasileiros**. 2023. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 11 jul. 2023.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. **Biota Neotropica**. v. 10, n. 4, p. 1-4, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; SANTOS-FILHO, P. S.; ENGELS, W.; RAMALHO, M.; WILMS, W.; AGUILAR, J. B. V.; PINHEIRO-MACHADO, C. A.; ALVES, D. A.; KLEINERT, A. M. P. Checklist das abelhas e plantas melitófilas no Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1. p. 631-655, 2011.

JORDANO, P; GALETTI, M.; PIZO, M. A; SILVA, W. R. Ligando Frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: DUARTE, C. F.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. Editora Rima, São Paulo, Brasil. 582 p. 2006.

KERR, W. E; CARVALHO, G. A; NASCIMENTO, V. A. **Abelha uruçú: Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte: Líber, Coleção Manejo da Vida Silvestre da Fundação Ancagau, 1996, n. 2, 143 p.

LEAL FILHO, N. **Caracterização do banco de sementes de três estádios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.

LIMA, A. P. M.; PRADO, R. B.; LATAWIEC, A. E. Payment for water-ecosystem services monitoring in Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 16, n. 4, p. 1-18, 2021.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; OLIVEIRA, J. A.; FRANCO, A. A. Soil and nutrient losses in erosion gullies at different degrees of restoration. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p. 945-954, 2010.

MACHADO, V. M.; SANTOS, J. B.; PEREIRA, I. M.; LARA, R. O.; CABRAL, C. M.; AMARAL, C. S. Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de Recuperação em cerrado campestre. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 303-312, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**. 3ª Ed. UFV: 2013.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 2000, 913 p.

MMAMC (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA). **Biomás brasileiros**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomás>. Acesso em: 11 jul. 2023.

MIRANDA-NETO, A.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; LOPES, A. T.; DEMOLINARI, R. A. Banco de Sementes em Mina de Bauxita Restaurada no Sudeste do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

MOREIRA-COSTA, W.; SOUZA, M. N. Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Mérida Publishers. v. 4, cap. 4, p. 126-150, 2022.

MOURE, J. S.; MELO, G. A. R.; FARIA, L. R. R. **“Euglossini Latreille, 1802,” in Catalog of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical**. Region-Online Version, eds JS Moure, D. Urban, and GAR Melo (Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia), 2012.

MWEBAZE, P.; MARRIS, G. C.; BROWN, M.; MACLEOD, A.; JONES, G.; BUDGE, G. E. Measuring public perception and preferences for ecosystem services: A case study of bee pollination in the UK. **Landscape Use Policy**, v. 71, p. 355-362, 2018.

NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 494-498, 2012.

NASCIMENTO, D. T. F.; RIBEIRO, S. A. **Os biomas brasileiros e a defesa da vida**. Goiânia: Kelps, 2017, 46 p.

PÉREZ, E. M.; SANTIAGO, E. T. Dinámica estacional del banco de semillas en una sabana en los Lhanos Centro-Orientales de Venezuela. **Biotropica**, v. 33, n. 3, p. 435-446, 2001.

PEREIRA, F. M; SOUZA, B. A; LOPES, M. T. R. **Criação de abelhas-sem-ferrão**. Embrapa Meio-Norte, 2017, 32 p.

SANTOS, S. A. B. **Polinização em culturas de manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, 2008.

SANTOS, W. A; JUNIOR, M. E; BARCELLOS, R. G. S. Biocapacidade dos biomas brasileiros a partir de conceitos da pegada ecológica emergética. **Ambiente & Sociedade**, n. 24, p. 1-24, 2021.

SHEPHERD, M; VAUGHAN, M; BLACK, S; LEBUHN, G. **Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies**. North Adams, MA: Storey Publishing, 2011. 371 p.

SILVEIRA, F. A; MELO, G. A. R; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte, 1ª edição, 2002, 253 p.

SILVA, C. I; ALEIXO, K. P; NUNES-SILVA, B; FREITAS, B. M; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. Universidade de São Paulo, 1ed., 2014, 52 p.

SILVIA, C; PIRES, S; PEREIRA, F. M; TERESA, M. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

SIMPSON, R. L. **Seed banks: General concepts and methodological issues**. In: Ecology of soil seed banks. London: Academic Press, p. 3-8, 1989.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

VIEIRA, F. R; ANDRADE, D. C; RIBEIRO, F. L. A polinização por abelhas sob a perspectiva da Abordagem de Serviços Ecossistêmicos (ASE). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 544-560, 2021.

WITTER, S; NUNES-SILVA; BLOCHTEIN, B; LISBOA, B. B; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **As abelhas e a agricultura**. EDIPUCRS – Editora Universitária da PUCRS, 2014, 143 p.

WWF. **Importância das florestas**. 2018. Disponível em: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/deforestation/importance\\_forests/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/deforestation/importance_forests/). Acesso: 06 jul. 2023.

## CAPÍTULO 2

---

### Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de café

Ana Lídia Chaves Gomes, Maurício Novaes Souza, Jéferson Luiz Ferrari, João Batista Esteves Peluzio, Willian Moreira da Costa

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c2>

#### Resumo

A integração da flora apícola nas plantações de café traz benefícios significativos para a produção cafeeira, a apicultura e o equilíbrio ecológico. Este estudo teve como objetivo identificar plantas ruderais e Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) que podem ser cultivadas junto com o café, visando aprimorar a produção de mel, diversificar as atividades agrícolas e combater a insegurança alimentar. A pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica, consultando fontes como Google Acadêmico, ScieELO, Portal de Periódicos da Capes e BDTD para documentar espécies vegetais e suas potenciais utilizações. No contexto da flora apícola, a eficaz polinização realizada pela *Apis mellifera*, particularmente benéfica para o *Coffea arabica*, contribuiu para um notável aumento de 39% na produtividade das lavouras de café. Os resultados revelaram a existência de 28 espécies florais com propriedades apícolas e alimentícias que podem ser incorporadas nas plantações de café frequentadas por essas abelhas. Destacam-se plantas ruderais e PANCs, como *Schinus terebinthifol* (Aroeira; Aroeira Pimenteira), *Bixa orellana* L. (Urucum), *Inga affinis* (Ingá), *Musa paradisiaca* (Bananeira), *Psidium acutangulum* DC. (Araçá) e *Luffa aegyptiaca* Mill. (Bucha; Bucha lisa; esponja). No entanto, é crucial reconhecer que a perda de habitat, o uso excessivo de pesticidas e as mudanças climáticas representam ameaças reais para os polinizadores e a biodiversidade. A iniciativa de integrar a flora apícola às plantações de café possui um enorme potencial para aumentar a produtividade, promover a biodiversidade e enfrentar os desafios ecológicos e alimentares. A elaboração de um catálogo contendo informações detalhadas sobre essas espécies vegetais poderia enriquecer o conhecimento existente e contribuir para a preservação dos biomas brasileiros.

**Palavras-chave:** Apoidae. Cafeeiros. Insetos. Plantas ruderais. Polinizadores.



## 1. Introdução

A cafeicultura tem notória relevância cultural e econômica para o Brasil, sendo o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor do produto (CONAB, 2023). O café é nativo de regiões tropicais da África, tanto a variedade arábica (*Coffea arabica* L.) como a variedade conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner); evoluíram como espécies de sub-bosque em sua origem, com características edafoclimáticas diversas.

A espécie *Coffea arabica* foi introduzida no Brasil em 1727, originando-se da Guiana Francesa e chegando primeiro ao estado do Pará (NAGAY, 1999). Com o passar do tempo, essa cultura ganhou destaque no país, estabelecendo-se de forma significativa na região Sudeste e, mais recentemente, expandindo-se para a região Norte, especialmente com o cultivo do café conilon, notadamente no estado de Rondônia.

Embora a monocultura de café seja uma prática comum em grande parte do Brasil, onde apenas uma cultura é cultivada em uma área agrícola, é importante observar que muitos cafeicultores optam por adotar sistemas de consórcio, combinando o cultivo de café com outras culturas convencionais, tais como milho, feijão, amendoim, frutíferas e capim braquiária. Um exemplo notável desse sistema é encontrado no estado do Espírito Santo, que é atualmente o maior produtor de café robusta do país, especialmente em propriedades de pequeno e médio porte.

Nessas propriedades, é evidente a prática de plantar outras culturas nas entrelinhas dos cafezais. Essa abordagem visa a otimização do uso do solo, proporcionando um aumento na produção de alimentos, melhorando o nível de subsistência e gerando renda adicional, ao mesmo tempo em que pode reduzir os custos no processo produtivo.

Além disso, o café é uma *commodity* sujeita a oscilações de preços no mercado. Para mitigar essa instabilidade e garantir uma maior segurança financeira para os cafeicultores, a diversificação por meio de consórcios é uma estratégia necessária. Essa diversificação ajuda a manter ou melhorar o equilíbrio econômico das propriedades rurais.

Outro fator importante a ser considerado é o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do café. Esses aspectos são fundamentais para o desenvolvimento da produção agrícola de café. Portanto, é essencial pensar em estratégias que beneficiem o processo produtivo, levando em consideração a conservação do meio ambiente e a promoção da biodiversidade.

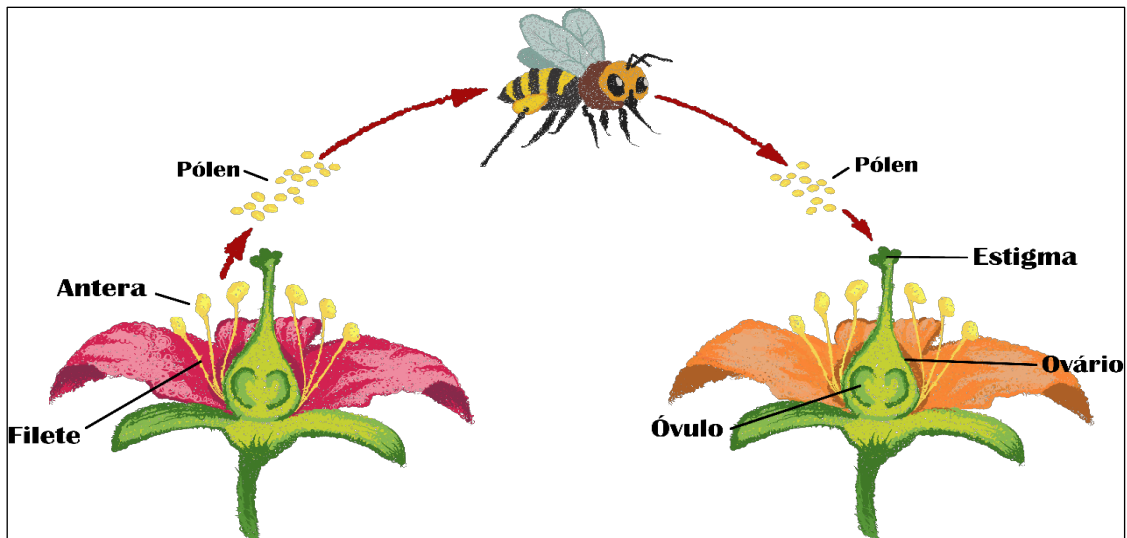
Dessa forma, a incorporação de plantas melitófilas nas plantações de café emerge como uma estratégia para estabelecer modelos de produção que buscam aprimorar a produtividade em harmonia com a conservação do ecossistema. Neste capítulo, serão abordados aspectos relacionados à eficácia das abelhas na polinização de cultivos das espécies do gênero *Coffea* (café arábica e café conilon). Também, discutir-se-ão pontos relacionados à biologia das abelhas nativas e destacar-se-ão a importância da presença contínua de plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais (PANC) como atrativos para a fauna de abelhas quando cultivadas em consórcio com o café.

## **2. A importância da polinização**

Aproximadamente 75% das culturas utilizadas para a alimentação humana no mundo dependem da polinização animal (SILVA, 2019). Na polinização realizada por seres vivos, ocorre a transferência dos grãos de pólen dos estames de uma flor para o pistilo de outra flor da mesma espécie, mas de plantas diferentes. Essa forma de polinização aumenta as taxas de fecundação e frutificação, como também contribui para o fluxo gênico da flora (Figura 1).

A polinização cruzada, também é denominada de alogamia: permite novas combinações gênicas entre os indivíduos, assegurando uma alta variabilidade genética - com isso, podem se formar plantas mais vigorosas e produtivas (SILVA, 2019). Assim, a polinização representa um serviço ecossistêmico de fundamental importância para muitas culturas, no que tange a produção agrícola.

Para isso, a identificação das espécies florais que podem ser consorciadas aos cultivos e o conhecimento das relações entre as plantas utilizadas e seus polinizadores são importantes para a elaboração de estratégias que melhorem a produção, conservação e o manejo cultural.



**Figura 1.** Esquema representativo da polinização cruzada realizada por abelhas.  
Fonte: Silva, 2021.

Dentre os processos existentes para ocorrência da polinização, a que é realizada por agentes vivos, tais como pássaros, morcegos e insetos, é denominada de polinização biótica. Entre os animais polinizadores, as abelhas representam 87% do serviço ecossistêmico; os besouros 3%; as vespas e as moscas 2% cada; e outros 6% (GIANNINI et al., 2015; SILVA, 2019).

Portanto, as abelhas são as que mais fornecem serviços de polinização. De acordo com Silva (2019), os visitantes mais frequentemente observados, são as espécies *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona spinipes* e *Paratrigona subnuda*, que podem ser consideradas agentes polinizadores na cafeicultura.

Em cafés, a polinização pode ocorrer de duas formas: autopolinização, no café arábica; e polinização cruzada, em café conilon. O café arábica é uma planta que possui flores autocompatíveis, ou seja, o indivíduo por si só consegue se polinizar, sem ajuda externa. No entanto, vale ressaltar que pesquisas demonstram que mesmo com a capacidade de autopolinização do café arábica, quando há presença de agentes polinizadores nos cultivos, especificamente abelhas, a taxa de frutificação pode aumentar cerca de 30% (AGROBEE, 2021).

O café conilon, também conhecido como café robusta, apresenta uma característica importante em seu processo reprodutivo: suas flores são autoincompatíveis, o que significa que elas não podem se autofertilizar. Portanto,

a polinização cruzada desempenha um papel fundamental para o sucesso reprodutivo dessa espécie (Figura 2).

A autoincompatibilidade nas flores do café conilon torna necessária a intervenção de agentes externos para a fecundação e, conseqüentemente, a produção de frutos. Nesse contexto, a contribuição de insetos, como abelhas e outros polinizadores, é essencial. Esses insetos desempenham um papel fundamental ao transportar o pólen de uma flor para outra, promovendo a fertilização cruzada entre diferentes plantas de café conilon.



**Figura 2.** Plantas da espécie *Coffea canephora* (café conilon), em floração na localidade de Ribeirão do Meio, Castelo, ES. Fonte: Willian Moreira da Costa, 2023.

A polinização cruzada é benéfica para a variabilidade genética da espécie, uma vez que ela promove a combinação de diferentes materiais genéticos, contribuindo para a adaptação e resistência das plantas a fatores ambientais variados. Além disso, a presença de insetos polinizadores nas plantações de café conilon também pode aumentar a produtividade da cultura, uma vez que uma maior taxa de polinização resulta em uma maior formação de frutos.

Portanto, a compreensão da importância da polinização cruzada por insetos na cultura do café conilon destaca a relevância da preservação e do

estímulo à biodiversidade desses polinizadores nas regiões de cultivo, contribuindo para a sustentabilidade e o sucesso da produção de café.

As abelhas da tribo Apini, conhecidas como abelhas melíferas, do gênero *Apis*, são importantes polinizadoras das espécies de café, como demonstra o estudo realizado por Ferraz-Silva et al. (2020), na região sudeste da Bahia, que analisou a riqueza de abelhas em cultivos de café arábica em sistema convencional, identificando a espécie *Apis mellifera* como a principal polinizadora, seguida de espécies de abelhas nativas da tribo Meliponini.

Entretanto, há apontamentos que em algumas regiões do Brasil as abelhas nativas sem ferrão (Meliponini) atuam como o principal grupo de polinizadores: seja do café arábica, quanto do conilon. Foi constatado em cultivos de café arábica e conilon, nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, que as abelhas Meliponini são mais abundantes e apresentam maior número de espécies dispersas pelos cultivos. As abelhas Apini, ficaram na segunda posição quanto à abundância; além disso, foi verificado a presença de outros grupos de abelhas nativas em menor abundância, como as abelhas-vibradoras (Exomalopsini), abelhas-carpinteiras (Xylocopini) e abelhas-de-suor (Halictidae) (HAUTEQUESTT; GAGLIANONE, 2021).

Neste mesmo estudo também foi verificado que dos 11 cultivos amostrados, 10 apresentaram maior produtividade quanto à polinização aberta; ou seja, polinização realizada por abelhas. Portanto, a presença de abelhas nas áreas de cultivo beneficia a cultura do café, aumentando a produtividade (Figura 3).

No geral, as abelhas realizam visitas às flores para suprirem suas necessidades nutricionais. Quando há ocorrência de flora melitófila<sup>1</sup> em determinado local, a incidência de abelhas tende a aumentar, como consequência, a melitofilia (polinização realizada por insetos, especialmente abelhas) será incrementada, elevando a taxa de fecundação: trata-se de uma externalidade positiva produzida pelas abelhas.

---

<sup>1</sup> A flora melitófila se refere às plantas que são atraentes para abelhas e outros insetos polinizadores; ou seja, são flores que possuem características que os atraem, como néctar e pólen. A relação entre plantas melitófilas e insetos polinizadores desempenha um papel fundamental na reprodução de muitas espécies vegetais.



**Figura 3.** Abelha caga-fogo *Oxytrigona tataira* (Meliponini), polinizadora nativa de espécies do gênero *Coffea*. Fonte: Willian Moreira da Costa, 2023.

Dessa forma, é fundamental garantir um desenvolvimento vegetativo saudável, o qual depende da nutrição adequada das plantas e da qualidade da biota do solo para promover uma floração satisfatória. Além desses fatores fundamentais, há outras variáveis a serem consideradas ao selecionar a flora melitófila apropriada para implantação em determinado local.

Essas escolhas podem variar de uma região para outra e também podem ser influenciadas por fatores climáticos externos. Portanto, é de suma importância incorporar o conhecimento tradicional sobre as plantas mais adaptadas à região em questão (Figura 4) durante esse processo de seleção e implantação da flora melitófila.

De maneira geral, muitos agricultores, especialmente aqueles que adotam práticas de manejo em sistemas agroecológicos, desfrutam dos benefícios diretos ou indiretos proporcionados pelos serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas. No entanto, ainda é comum tanto no meio rural quanto na

academia a falta de reconhecimento de plantas com potencial melitófilo, que não apenas atraem as abelhas, mas também têm valor alimentar e econômico.



**Figura 4.** *Apis mellifera* (abelha-africanizada) visitando flores de *Coffea canephora* (café conilon), Conduru, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Fonte: Willian Moreira da Costa, 2023.

### 3. Aspectos biológicos das abelhas nativas

As abelhas são insetos himenópteros, pertencentes à superfamília Apoidea, que apresenta sete famílias - destas, cinco ocorrem no Brasil: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae. Há cerca de 20.000 espécies de abelhas distribuídas pelo planeta - em território brasileiro há registro de quase 1700 espécies. No entanto, estima-se que exista distribuído pelos diferentes biomas brasileiros, cerca de 3000 espécies de abelhas (SILVEIRA et al., 2002).

Esses insetos apresentam variação de tamanho, podendo medir de 2mm até 5cm de comprimento. Possuem colorações características, em padrões de cores no amarelo, preto, marrom, laranja, até tons metálicos, no verde, azul, vermelho, acobreado, violeta (GARÓFALO et al., 2012).

Quanto à sociabilidade, a maioria das abelhas é solitária: cerca de 85% de todas as espécies. Algumas espécies possuem certo nível social: comunais, sub sociais, primitivamente sociais, até as espécies que são altamente sociais

(eussociais), com divisão de castas, sobreposição de gerações, como é o caso das tribos Apini e Meliponini (MICHENER, 2007).

As abelhas nativas podem construir seus ninhos em diferentes espaços, dentre eles: cavidades no solo, barrancos, frestas de rochas, troncos de árvores, mourões, madeira seca/decomposição, ninhos abandonados de formigas, cupins, vespeiros e cavidades em construções humanas (SILVEIRA et al., 2002).

Esses insetos estão entre os mais efetivos polinizadores da flora nativa: cerca de 90% de todas as espécies dos biomas brasileiros necessitam das abelhas nativas para o transporte de pólen de uma flor à outra (KERR et al., 1996). São importantes polinizadores também para agricultura, onde cerca de 73% das plantas de interesse agrícola no mundo, necessitam das abelhas para a polinização e frutificação (GIANNINI, 2015).

A visita das abelhas às flores, deve-se especialmente a busca por recursos importantes para o seu desenvolvimento biológico, seja para a alimentação ou para aspectos reprodutivos (DINIZ et al., 2021) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Recursos disponibilizados pelas plantas às abelhas.

<b>Recursos vegetais e a sua funcionalidade para as abelhas</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Funcionalidade</b>
<b>Néctar</b>	Fonte de carboidratos (alimentação)
<b>Pólen</b>	Fonte de proteínas (alimentação)
<b>Óleos</b>	Fonte de lipídeos (alimentação e nidificação)
<b>Resinas</b>	Manutenção dos ninhos (nidificação)
<b>Extratos florais (fragrâncias)</b>	Atração sexual (reprodução)
<b>Fragmentos florais</b>	Construção/Manutenção dos ninhos (nidificação)
<b>Pedaços folhais</b>	Construção/Manutenção dos ninhos (nidificação)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.



A maioria das abelhas buscam nas flores dois produtos fundamentais para a sua biologia, o néctar e pólen, base de sua alimentação. Unido a esses produtos, os óleos florais são importantes fontes de alimento, tanto para as abelhas adultas, quanto para as larvas. Os óleos também são utilizados para a manutenção dos ninhos, como no revestimento das células de crias. As resinas produzidas por algumas espécies botânicas são utilizadas pelas abelhas para fortalecer as paredes dos ninhos e fechar frestas (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2007).

Os extratos florais, que são “perfumes” produzidos por plantas, por exemplo, da família Orchidaceae, são coletados e armazenados em uma estrutura conhecida como “coxim”, no último par de pernas de abelhas machos da tribo Euglossini. Acredita-se que esse comportamento de coleta de fragrâncias seja para a atração de fêmeas. Por esse motivo, essas abelhas são conhecidas como “abelhas-de-orquídeas” (SILVEIRA et al., 2002).

Partes florais e pedaços de folhas podem ser utilizados na construção dos ninhos, especialmente pelas abelhas da família Megachilidae, também conhecidas como abelhas-cortadeiras (SILVEIRA et al., 2002).

#### **4. Plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais (PANCs)**

Em ciências agrárias, existem diversas plantas que são chamadas de ervas daninhas, pragas, plantas espontâneas ou invasoras. São espécies que possuem importância econômica e ecológica, além de muitas serem espécies potencialmente alimentícias. O conceito de erva daninha pode ser considerado como “planta que interfere em algum propósito humano” (RANIERI, 2021).

Essas ervas também podem ser chamadas de plantas ruderais: referem-se às plantas que coevoluíram com as intervenções humanas, ocorrendo facilmente em ambientes antropizados, muitas delas sendo, atualmente, consideradas também como plantas alimentícias não convencionais (PANC).

O conceito de “plantas de crescimento espontâneo”, às vezes conhecidas como “ervas daninhas”, refere-se às plantas que surgem naturalmente em ambientes influenciados pela atividade humana. Em termos gerais, muitas

dessas plantas são classificadas como plantas ruderais, espontâneas ou invasoras, e algumas delas também podem ser utilizadas como alimentos. A designação dessas plantas como tal depende da avaliação de sua utilidade ou do grau de impacto ou relação que têm com o ambiente em que se encontram.

Segundo Hassemer (2012), plantas de crescimento espontâneo são entendidas como plantas nativas ou naturalizadas que ocorrem espontaneamente, sem auxílio humano, em ambientes antrópicos. Um conceito que muito fortaleceu a ideia de que as plantas espontâneas ou ruderais são ervas daninhas, em conotação negativa, é a ideia de que o ambiente para produção agrícola deve estar “limpo” no sentido de o solo estar exposto, sem “interferências” que poderiam influenciar na cultura.

Em grande parte do Brasil, esse modelo de produção foi o que perdurou durante anos de processos produtivos, pois significava cuidado com o ambiente, com a lavoura, o que de fato, elimina qualquer possibilidade de plantas espontâneas (daninhas, invasoras ou ruderais) surgirem, conferindo a ideia negativa às diversas espécies.

Ampliando o conceito, culturalmente se chamam de mato ou erva daninha tudo aquilo que não se sabe o nome, não se dão importância ou não se veem nenhuma utilidade (RANIERI, 2021). Esse fato pode ser denominado como “cegueira botânica”.

Ursi e Salatino (2022) relatam que a cegueira botânica é entendida como a incapacidade de perceber as plantas ao nosso redor, a desconsideração sobre a importância das plantas na biosfera e na nossa vida, e a incapacidade de reconhecer os atributos estéticos e biológicos característicos das plantas.

Além disso, é importante destacar o equívoco de uma perspectiva antropocêntrica que coloca as plantas em uma posição de suposta inferioridade em relação aos animais, levando a conclusões que desvalorizam indevidamente as plantas e as consideram como indignas de nossa atenção e consideração.

Apesar disso, esse conceito de impercepção das plantas está contido culturalmente na sociedade. Torna-se ainda mais grave quando se fala em plantas que estão em nosso cotidiano e não são convencionais, algumas que são conhecidas como invasoras, também podem ser denominadas de plantas

alimentícias não convencionais (PANC) ou plantas alimentícias negligenciadas e subutilizadas (PANS).

Conforme Kinupp e Lorenzi (2021), o termo "plantas alimentícias", em um sentido amplo, refere-se a plantas que possuem uma ou mais partes (ou seus derivados) que podem ser diretamente incorporados à alimentação humana. Isso inclui elementos como raízes tuberosas, tubérculos, bulbos, rizomas, colmos, talos, folhas, brotos, flores, frutos e sementes, bem como substâncias como látex, resinas e goma, que podem ser utilizadas indiretamente na produção de óleos e gorduras comestíveis.

Inclui-se neste conceito também as especiarias, substâncias condimentares e aromáticas, assim como plantas que são utilizadas como substitutas do sal, como edulcorantes (adoçantes), amaciantes de carnes, corantes alimentícios e aquelas utilizadas no fabrico de bebidas, tonificantes e infusões.

Nesse contexto, a sigla PANC representa as "plantas alimentícias não convencionais". Essas plantas possuem propriedades alimentares, mas não são amplamente comercializadas nem amplamente reconhecidas pela população em determinadas regiões. É importante observar: o que pode ser considerado uma PANC em uma localidade, pode ser uma planta comum e tradicional em outra região.

Diante desse fato, alguns autores preferem conceituar essas plantas como PANS, onde se referem às plantas que são negligenciadas e subutilizadas (RANIERI, 2021), já que o termo convencional pode gerar confusão, dependendo de quem o recebe. No geral, os dois termos citados definem as plantas que são cultivadas, ou não e possuem algum teor alimentar.

Estas culturas podem também abranger aquelas que anteriormente foram utilizadas para sustento em determinadas comunidades, mas caíram em desuso devido ao desenvolvimento genético e agrônômico. Nesse contexto, além de seu valor nutricional, essas plantas podem ser consideradas patrimônio cultural em regiões específicas.

As plantas que se enquadram nessas definições geralmente desempenham um papel fundamental na segurança alimentar, na geração de

renda e no equilíbrio dos agroecossistemas em que estão presentes. As espécies de plantas de crescimento espontâneo muitas vezes são denominadas "ervas daninhas" devido à sua capacidade de colonizar ambientes influenciados pela atividade humana (SOARES, 2017).

São plantas que podem ser prontamente identificadas em cultivos agrícolas, incluindo plantações de café, devido às características do ambiente, além de serem conhecidas por sua facilidade de dispersão e crescimento, graças à sua rusticidade e notável capacidade de adaptação. Quanto ao cultivo dessas plantas, devido à sua resistência, muitas espécies exigem um mínimo ou até mesmo nenhum uso de pesticidas (SOARES, 2017).

## 5. Riqueza

Como afirmam Calegari (2016) e Souza (2023), o uso de plantas de cobertura favorece o controle de erosão, proteção do solo, reciclagem e fornecimento de nutrientes, incremento na infiltração de água no solo e a recarga de aquíferos, ganhos na produtividade, entre outros.

De antemão, a utilização de consórcios é um importante componente dos sistemas agrícolas no âmbito sustentável: diz respeito ao desenvolvimento de desenhos com as espécies utilizando combinações de duas ou mais culturas em uma mesma área de plantio (Tabela 2).

Os desenhos podem apresentar diversos formatos de acordo com o local ou o interesse de aplicação, podendo ser rotacionais dependendo das culturas que foram adicionadas ao plantio principal ou mesmo permanentes (XAVIER et al., 2023) (Figura 5).

Na cafeicultura, é uma prática comum utilizar consórcios como bordaduras nas lavouras. Esses consórcios desempenham várias funções importantes, como proteger as plantas contra interferências climáticas, contaminações químicas de lavouras vizinhas, controle de pragas e doenças, e também enriquecer a diversidade dos cultivos. A consorciação tem um impacto positivo na estabilidade da atividade rural, garantindo colheitas ao longo do ano e proporcionando uma renda adicional para os agricultores (ALTIERI, 2017; SOARES, 2017).

**Tabela 2.** Espécies botânicas importantes para a fauna de abelhas em cultivos do gênero *Coffea*

<b>PLANTAS DE CRESCIMENTO ESPONTÂNEO E PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS COM POTENCIAL MELITÓFILO</b>		
<b>Nome Científico</b>	<b>Nome Popular</b>	<b>Família</b>
<i>Antigonon leptopus</i>	Amor-agarradinho	Polygonaceae
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira, Aroeira-pimenteira	Anacardiaceae
<i>Bauhinia purpurea</i> ; <i>Bauhinia variegata</i>	Unha-de-vaca, Pata-de-vaca	Caesalpiniaceae
<i>Begonia cucullata</i>	Begônia, Azedinha	Begoniaceae
<i>Bidens pilosa</i> ; <i>Bidens alba</i> ; <i>Bidens subalternans</i> ; <i>Bidens cybapiifolia</i>	Picão-preto, Amor-seco	Asteraceae
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	Bixaceae
<i>Cajanus indicus</i> ; <i>Cajanus luteus</i> ; <i>Cytisus cajan</i>	Feijão-guandu, Andu, Guandeiro, Ervilha-do-congo	Fabaceae Papilonoideae
<i>Commelina erecta</i> ; <i>Commelina difusa</i> ; <i>Commelina villosa</i>	Trapoeraba-comum, Andacá, Marianinha	Commelinaceae
<i>Cosmos sulphureus</i>	Cosmos-amarelo, Picão-da-praia, Picão-grande	Asteraceae
<i>Eugenia tomentosa</i>	Cabeludinha	Myrtaceae
<i>Eugenia edulis</i>	Cereja-do-rio-grande	Myrtaceae
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Vinagreira	Malvaceae
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Ipê-amarelo	Bignoniaceae
<i>Inga affinis</i>	Ingá	Mimosaceae
<i>Leonotis nepetifolia</i> ; <i>Leonotis leonurus</i>	Cordão-de-frade	Lamiaceae
<i>Luffa aegyptiaca</i>	Bucha	Cucurbitaceae
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvavisco	Malvaceae
<i>Murraya paniculata</i>	Murta	Rutaceae
<i>Musa X paradisiaca</i>	Bananeira	Musaceae
<i>Oxalis barrelieri</i>	Trevo	Oxalidaceae
<i>Passiflora caerulea</i>	Maracujá	Passifloraceae
<i>Psidium acutangulum</i>	Araçá	Myrtaceae
<i>Punica granatum</i>	Romã	Lythraceae
<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha	Asteraceae
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	Assa-peixe, Cambará guaçu	Asteraceae
<i>Turnera subulata</i>	Chanana, Albina	Turneraceae

Fonte: Almeida et al., (2003); Carriço et al., (2021); Kinupp e Lorenzi, (2021).

Além disso, é uma estratégia eficaz atrair insetos polinizadores, especialmente as abelhas, ao incorporar plantas de crescimento espontâneo ou plantas alimentícias não convencionais com potencial para atrair polinizadores melitófilos. De acordo com Matiello (2006) e Klein et al. (2020), os cafeeiros geralmente florescem duas a três vezes entre os meses de agosto e outubro, fornecendo uma abundância de recursos alimentares para as abelhas durante esse período. No entanto, fora dessas épocas de floração, as abelhas precisam encontrar outras fontes de alimento para se sustentarem.



**Figura 5.** Plantas com potencial melitófilo que podem ser utilizadas em consórcios com cultivos de café. A - *Bauhinia purpurea* (pata-de-vaca); B - *Luffa aegyptiaca* (bucha); C - *Psidium acutangulum* (araçá); D - *Passiflora* sp. (maracujá-do-mato). Fonte: Acervo de Willian Moreira da Costa, 2023.

Portanto, na ausência de floração dos cafeeiros, a presença de plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais nas áreas de cultivo podem servir como fontes alternativas de recursos para as abelhas (Figura 6).

Essa estratégia desempenha um papel fundamental na manutenção da fauna de abelhas nas áreas agrícolas, garantindo o serviço ecossistêmico de polinização das culturas e aumentando as taxas de frutificação.



**Figura 6.** *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo), espécie com potencial melitófilo, no município de Domingos Martins, região serrana do Espírito Santo. Fonte: Willian Moreira da Costa, 2023.

Para implementar a flora melitófila por meio de consórcios, a classificação dessas plantas é um aspecto fundamental. De acordo com Almeida et al. (2003), a flora melitófila é categorizada quanto à produtividade da seguinte forma:

- ✓ Flora principal: plantas que têm floração constante.
- ✓ Flora de manutenção: plantas que produzem quantidades limitadas de néctar e pólen.
- ✓ Flora terciária: plantas que têm floradas eventuais.
- ✓ Flora quaternária: representada pelas culturas agrícolas.

É importante observar que mesmo as plantas classificadas como flora melitófila de menor produtividade de néctar e pólen têm a capacidade intrínseca de atrair as abelhas polinizadoras. Isso ocorre devido a características como suas cores, formatos ou fragrâncias, que despertam o interesse das abelhas.

Dessa forma, estabelece-se uma relação fundamental entre as plantas melitófilas como fonte de alimento para as abelhas. As abelhas, em geral, visitam uma grande variedade de flores, contribuindo assim para a polinização de diversas espécies.

No entanto, é importante ressaltar que o fato de um determinado animal visitar uma planta não o qualifica automaticamente como polinizador da espécie em questão. Para ser classificado como polinizador, é necessário considerar fatores como a frequência e fidelidade à planta, o tamanho e o comportamento para a remoção do pólen ou néctar, a frequência das visitas às flores e a habilidade de voar entre as flores da mesma espécie. Em uma descrição mais bem detalhada, para ser classificado como polinizador, além dos fatores mencionados anteriormente, existem outros importantes a serem considerados (SILVA, 2019; XAVIER et al., 2023):

- ✓ **Especialização na Espécie:** alguns polinizadores são altamente especializados em polinizar uma espécie de planta específica. Eles possuem adaptações físicas e comportamentais que os tornam altamente eficientes na polinização dessa planta em particular.

- ✓ **Efeito na Reprodução da Planta:** um polinizador eficaz é aquele que, ao visitar as flores, transfere o pólen de forma adequada para o estigma da flor, promovendo a fertilização e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos da planta.

- ✓ **Frequência de Visitação:** polinizadores frequentes visitam regularmente as flores de uma planta, aumentando as chances de sucesso na polinização. A frequência de visitação pode variar de espécie para espécie.

- ✓ **Fidelidade à Planta:** alguns polinizadores são altamente fiéis a uma determinada espécie de planta, visitando principalmente aquela espécie. Isso é conhecido como fidelidade floral e é crucial para a polinização eficiente de plantas específicas.

- ✓ **Comportamento de Coleta de Pólen e Néctar:** o comportamento do polinizador ao coletar pólen e néctar é importante. Alguns polinizadores, como as abelhas, têm estruturas especializadas para coletar pólen, enquanto outros, como os beija-flores, são mais eficazes na coleta de néctar.

- ✓ **Tamanho e Morfologia do Corpo:** o tamanho e a forma do corpo do polinizador podem afetar sua capacidade de acessar as partes reprodutivas das flores e transferir o pólen de maneira eficiente.



✓ **Habilidade de Voo:** A capacidade de voar entre flores e entre plantas é importante para garantir que o pólen seja transportado entre indivíduos de uma mesma espécie.

✓ **Comportamento de Busca de Alimento:** Polinizadores podem ter diferentes comportamentos em busca de alimento, como forragear em grupos ou individualmente, o que afeta a forma como o pólen é transferido entre flores.

✓ **Comportamento Noturno ou Diurno:** Alguns polinizadores, como mariposas e morcegos, são noturnos, enquanto outros são diurnos. Isso influencia quais plantas eles polinizam e como o fazem.

Em resumo, ser classificado como polinizador envolve uma série de fatores que determinam a eficiência da polinização que um organismo pode proporcionar a uma determinada planta. Esses fatores podem variar amplamente entre diferentes espécies de polinizadores e plantas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Espécies de abelhas com potencial à polinização de plantas do gênero *Coffea*

ABELHAS VISITANTES DE PLANTAS DO GÊNERO <i>COFFEA</i>		
Nome científico	Nome popular	Grau de socialidade
<i>Apis melífera</i>	Abelha-africanizada	Eussocial
<i>Bombus brevivillus</i>	Mamangava-de-chão	Primitivamente social
<i>Bombus morio</i>	Mamangava-de-chão	Primitivamente social
<i>Cephalotrigona capitata</i>	Mombucão	Eussocial
<i>Geotrigona subterrânea</i>	Guira	Eussocial
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	Iraí	Eussocial
<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí	Eussocial
<i>Trigona amalthea</i>	Jandaíra-preta	Eussocial
<i>Trigona spnipes</i>	Irapuá	Eussocial
<i>Paratrigona sp.</i>	Abelha-sem-ferrão	Eussocial
<i>Plebeia sp.</i>	Mirim	Eussocial
<i>Trigona sp.</i>	Abelha-sem-ferrão	Eussocial
<i>Centris aenea</i>	Abelha-coletora-de-óleo	Solitária
<i>Centris decolorata</i>	Abelha-coletora-de-óleo	Solitária
<i>Centris flavifrons</i>	Abelha-coletora-de-óleo	Solitária
<i>Centris tarsata</i>	Abelha-coletora-de-óleo	Solitária
<i>Centris sp.</i>	Abelha-coletora-de-óleo	Solitária
<i>Ceratina chloris</i>	Abelha-solitária	Solitária
<i>Ceratina sp.</i>	Abelha-solitária	Solitária
<i>Augochlora sp.</i>	Abelha-de-suor	Solitária
<i>Pseudaugochlora graminea</i>	Abelha-de-suor	Solitária
<i>Augochloropsis sp.</i>	Abelha-de-suor	Solitária
<i>Exomalopsis iridipennis</i>	Abelha-vibradora	Solitária
<i>Xylocopa grisescens</i>	Abelha-carpinteira	Solitária
<i>Xylocopa sp.</i>	Abelha-carpinteira	Solitária

Fonte: Adaptado de Klein et al., 2020.

Além de manter as plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais nos ambientes de cultivos ou próximos a eles, a fim de atrair a fauna de abelhas, outras estratégias podem ser adotadas com o objetivo de conservar esses polinizadores nas áreas (CAMPOS, et al., 2014; GAZZONI, 2015):

- ✓ Manter os fragmentos florestais, matas, capoeiras, ambientes vegetacionados nas propriedades rurais, com objetivo de preservar os insetos nas áreas de cultivo, uma vez, que ambientes florestados servem como refúgio, oferecendo espaços de nidificação e alimentação para as abelhas;

- ✓ Criar jardins com plantas que possuam flores atrativas às abelhas, levando em consideração a diversidade, formas e cores, com o objetivo de atrair diferentes abelhas;

- ✓ Evitar capinas sobre a vegetação de crescimento espontâneo fora da época de floração das culturas (Figura 7);



**Figura 7.** Abelha-de-suor *Pseudaugochlora graminea* (Halictidae) visitando flores de *Coffea canephora* (café conilon), em Conduru, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Espírito Santo. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa (2023).

✓ Evitar o uso indiscriminado de agrotóxicos (pesticidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas), e caso não se tenha alternativa aplicar os químicos nas últimas horas do dia, evitando os horários de pico de visitação dos polinizadores nas áreas agrícolas;

✓ Zelar pela estruturação dos solos, evitando práticas que alterem a camada superficial dos solos e práticas agrícolas que envolvam queimadas ou semelhantes, uma vez que muitas espécies de abelhas constroem seus ninhos no solo.

## **6. Considerações finais**

A presença de diversos grupos de abelhas desempenha um papel importante na garantia da reprodução de várias espécies vegetais, incluindo culturas importantes como o café. As abelhas são componentes essenciais para a manutenção da biodiversidade global, oferecendo serviços ecossistêmicos vitais para a produção agrícola.

A diversidade de abelhas é particularmente relevante porque diferentes espécies de abelhas têm preferências distintas por tipos de flores e plantas. Isso significa que, em um ambiente agrícola diversificado, com uma variedade de espécies de flores e plantas, várias espécies de abelhas podem encontrar recursos alimentares ao longo do ano. Essa diversidade de polinizadores contribui para a polinização eficaz de uma ampla gama de culturas.

Para melhorar os ambientes agrícolas e aproveitar os benefícios dos conhecimentos ecossistêmicos, como o uso de plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais, são fundamentais incentivar a capacidade das pessoas e dos produtores rurais em reconhecer espécies botânicas com características úteis. Além disso, é importante promover ativamente o uso dessas plantas e ensinar como aproveitar seu potencial para incorporá-las à produção agrícola.

A conservação e proteção dos polinizadores, especialmente as abelhas, são de extrema importância para a manutenção da biodiversidade global, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas. As abelhas desempenham um papel vital na polinização de uma variedade de culturas,

contribuindo diretamente para a produção de alimentos. Além disso, a preservação dos habitats naturais e a redução do uso de pesticidas prejudiciais às abelhas são medidas cruciais para garantir que esses polinizadores continuem desempenhando seu papel essencial no equilíbrio dos ecossistemas e na produção de alimentos.

É de suma importância destacar a relevância da identificação e integração de plantas ruderais e Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) nos cultivos de café. Essa prática não apenas beneficia a produção de café, mas também desempenha um papel fundamental em várias áreas:

✓ **Melhoria na Produção de Mel:** A presença de plantas floridas, como algumas PANCs e plantas ruderais, fornece uma fonte adicional de néctar para as abelhas. Isso é particularmente relevante para os apicultores, pois contribui para o aumento da produção de mel, diversificando suas fontes de renda.

✓ **Diversificação das Atividades Agrícolas:** A integração de plantas diversificadas nos cultivos de café não apenas melhora a polinização, mas também diversifica as atividades agrícolas em uma propriedade. Isso significa que os agricultores têm múltiplas fontes de renda e são menos dependentes de uma única cultura, tornando-os mais resilientes a variações de mercado.

✓ **Combate à Insegurança Alimentar:** As PANCs são frequentemente ricas em nutrientes e podem ser uma valiosa fonte de alimentos para as comunidades locais. Integrar essas plantas nos sistemas agrícolas pode ajudar a combater a insegurança alimentar, fornecendo uma variedade de alimentos saudáveis e nutritivos.

✓ **Benefícios Ambientais:** A presença de plantas ruderais e PANCs nos cultivos de café também pode melhorar a biodiversidade local, proporcionando habitat e alimento para diversas espécies de insetos, aves e outros animais. Isso contribui para a conservação da fauna e da flora.

✓ **Resistência a Pragas e Doenças:** A diversificação dos cultivos pode reduzir a incidência de pragas e doenças, uma vez que diferentes plantas podem atrair insetos e patógenos específicos, diminuindo a pressão sobre o café.

Portanto, a identificação e cultivo deliberado de plantas ruderais e PANCs nas áreas de produção de café não são apenas benéficos para os agricultores,

mas também para o meio ambiente e as comunidades locais. Isso promove a sustentabilidade agrícola, a diversificação da produção e o fortalecimento da segurança alimentar, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação da biodiversidade e o aprimoramento da produção de mel.

A promoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a consorciação de culturas e o estímulo à flora apícola, desempenha um papel fundamental na atenuação dos desafios à sustentabilidade socioambiental, mantendo a saúde e o equilíbrio dos ecossistemas. A colaboração entre agricultores, apicultores, cientistas e formuladores de políticas é essencial para o sucesso e a sustentabilidade dessas estratégias.

## 7. Referências

AGROBEE. **Aluguel de colmeias e polinização de culturas**. 2021. Disponível em: <https://www.agrobee.net/polinizacao/plataforma-facilitara-o-aluguel-de-colmeias-a-produtores-rurais-para-polinizacao/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ALMEIDA, D.; MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; ÁVILA, M.; ARRUDA, C. M. F. **Plantas visitadas por abelhas e polinização**. Série Produtor Rural. Ed. esp. Serviço de Produções Gráficas – USP/ESALQ, Piracicaba, 2003.

ALTIERI, M. **Agroecologia - Bases científicas para uma agricultura sustentável**. 1ª edição. Expressão Popular, 2012, 72 p.

ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I. C.; GAGLIANONE, M. C. História Natural das abelhas coletoras de óleo. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 544-557, 2007.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. Manual Técnico de Plantas de Cobertura. 2ª edição. Projeto Solo Vivo, 2016, 32p.

CAMPOS, M. J. O.; PIZANO, M. A.; NETO, J. C.; MALASPINA, G. B. P.; GOMIG, E. G.; LEUNG, R.; SOUZA, L.; GIORDANO, L. C.; VILLAS-BOAS, J. K.; PRATA, E. M. B.; FERREIRA, B.; BROWN, T. E.; FANG, H. S.; SASAKI, D. L.; SOUZA, E. S. S. **Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 369-398.

CARRIÇO, I. G. D.; VIEIRA, G. H. S.; ABREU, K. M. P. **Comida de verdade no campo e na cidade plantas alimentícias não convencionais da Mata Atlântica**. Edifes - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2021, 80 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Primeiro levantamento da safra 2023 de café indica uma produção de 54,94 milhões de sacas, CONAB (2023)** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4890-primeiro-levantamento-da-safra-2023-de-cafe-indica-uma-producao-de-54-94-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 14 jul. 2023.

DINIZ, M. R.; SILVA, A. G.; CARREIRA, L. M. M.; ALMEIDA JR, E. B.; RÊGO, M. M. C. Pollen Spectrum of Honey from the Bee *Melipona subnitida* Ducke (1910) in Restinga in Maranhão State. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 2, p. 1-12, 2021.

FERRAZ-SILVA, M.; NASCIMENTO, L. O. L. S.; PÉREZ-MALUF, R. Abelhas polinizadoras e produção de frutos e sementes em café convencional. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4227-4237, 2020.

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; AGUIAR, C. M. L.; DEL-LAMA, M. A.; SANTOS, I. A. **As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p.183-202.

GAZZONI, D. L. **Impacto da agricultura sobre a população e a diversidade de polinizadores, e formas de mitigação de seus efeitos**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 54-73.

GIANNINI, T. C. **O valor econômico do serviço de polinização em alguns cultivos brasileiros**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 44-53.

HASSEMER, G.; TREVISAN, R. Levantamento florístico de plantas vasculares espontâneas em ambientes antrópicos no campus da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 75-96, 2012.

HAUTEQUESTT, A. P.; GAGLIANONE, M. C. Comunidade de abelhas polinizadoras de cafeeiros (*Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, Rubiaceae) (2021). In: XIII Congresso fluminense de iniciação científica e tecnológica / VI Congresso fluminense de pós-graduação, 2021, Campos dos Goytacazes. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/confict-conpg/confict-conpg-2021/trabalhos/comunidade-de-abelhas-polinizadoras-de-cafeeiros-coffee-arabica-l-e-coffee-canep?lang=pt-br>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

KERR, W. E; CARVALHO, G. A; NASCIMENTO, V. A. **Abelha urucu: biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte: Líber, Coleção Manejo da Vida Silvestre da Fundação Ancagau, n. 2, 1996, 143 p.

KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, I. G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. **A polinização agrícola por insetos no Brasil**. Nature Conservation and Landscape Ecology. Ed. Scribus. Albert-Ludwigs University Freiburg, 2020.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil**. 2ª edição, Jardim Botânico Plantarum. Nova Odessa, 2021, 768 p.

MATIELLO, A. W. R. Estresse ou não meu cafezal. **Revista brasileira de tecnologia cafeeira: Coffea**, v. 3, n. 10, p. 29-30, 2006.

MICHENER, C. D **The bees of the world**. Baltimore Johns Hopkins University Press, 2ª edição, 2007, 972p.

NAGAY, J. H. C.; Café no Brasil: dois séculos de história. **Formação Econômica**, Campinas, n. 3, p.17-23, 1999.

RANIERI, G. R. **Matos de Comer** – Identificação de plantas comestíveis. 1ª edição, São Paulo, 2020, 464p.

SILVA, M. **Ocorrência de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas produtoras de café**. Tese (Doutorado em Entomologia). Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019, 88p.

SILVA, B. M. **Processo de polinização**. Banco de imagens da casa das ciências. 2012. Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/imagem/9651>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SILVEIRA, F. A; MELO, G. A. R; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, 1ª edição, 2002, 253p.

SOARES, F. I. **Desempenho de hortaliças não convencionais em consórcio sob sistema orgânico de produção**. Monografia (Graduação em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017, 34p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>. Acesso em: 10 jul. 2023.

URSI, S.; SALATINO, A. É tempo de superar termos capacitistas no ensino de biologia: impercepção botânica como alternativa para “cegueira botânica”. **Boletim de Botânica**, v. 39, p. 1-4, 2022.

XAVIER, S. A. B.; MOREIRA, T. B. R.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON; I. B.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c3>. Acesso em: 10. jul 2023.

---

## Externalidades e impactos ambientais negativos: fator antrópico, capital natural e práticas agroecológicas mitigadoras

Maurício Novaes Souza, Rebeca Alves Vieira Ribeiro, Roberta Cunha Vieira, Jaeder Freixo da Silva, Marlon Alves Peçanha da Silva, Andresa Carolina Mendes Pinheiro, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c3>

### Resumo

Atualmente, o tema do Desenvolvimento Sustentável está em destaque. Para alcançá-lo, é essencial desenvolver tecnologias apropriadas e capacitar profissionais competentes para gerenciá-las. As comunidades estão cada vez mais exigentes, e as empresas e indústrias, tanto no cenário mundial quanto no brasileiro, estão começando a reconhecer a importância de adotar práticas de gestão ambiental e estão planejando aumentar seus investimentos em proteção ambiental. Essa mudança de perspectiva se deve, em grande parte, às profundas transformações no modelo econômico. Essas mudanças incluem a reestruturação produtiva, a globalização dos mercados financeiros, a internacionalização das economias e a desregulamentação e abertura de mercados, com a eliminação de barreiras protecionistas. Essas transformações têm impactado de maneira acelerada e variada diversos setores da população, tanto trabalhadores como proprietários de empresas, em áreas urbanas e rurais. Elas têm gerado incertezas constantes, tensões emergentes e aprofundamento das desigualdades sociais e exclusão social. Isso se deve, em grande parte, à alta competitividade e à rápida evolução tecnológica, nem sempre adequadamente adaptadas às exigências das leis ambientais, que estão se tornando mais rigorosas. Com o apoio significativo da opinião pública, essas leis ambientais estão impulsionando o mercado a se mover em um ritmo mais acelerado, afetando de maneira significativa as empresas em todos os setores da economia. Nesse contexto, a agroecologia desempenha um papel de extrema relevância.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável. Gestão ambiental. Agroecologia.



## 1. Introdução

A perturbação e degradação do solo e da água, causadas pelas ações humanas, têm sido uma preocupação desde tempos remotos, com diversas causas que contribuíram para esses problemas. Nos dias atuais, a crescente demanda por terras férteis, planas e adequadas para a agricultura tem levado à redução significativa das áreas de vegetação natural, colocando uma pressão considerável sobre os recursos naturais.

No Brasil, a partir dos anos da década de 1950, a transformação da agricultura tradicional em uma agricultura mais empresarial impulsionou a introdução de insumos industriais, mecanização, correção e fertilização do solo, sementes geneticamente modificadas e o uso excessivo de pesticidas para controle de pragas e doenças. Essas inovações foram consideradas um pacote que trouxe alterações nas paisagens, nas formas de produção e nas dinâmicas sociais e ambientais. No entanto, também resultaram em diversos impactos negativos (CAPORAL, 2003; SOUZA, 2022).

Atualmente, no cenário agrário brasileiro, é possível observar os problemas socioambientais decorrentes da industrialização e da transformação dos agroecossistemas em ambientes artificializados. Entre os principais desafios, destacam-se a erosão do solo, a contaminação por pesticidas e, em muitos casos, a perda da diversidade biológica local. Além disso, o crescimento demográfico tem alcançado níveis significativos nas últimas décadas, o que gera preocupações em relação à produção de alimentos capazes de garantir a segurança alimentar (Quadro 1).

Embora a produção global de alimentos tenha acompanhado o crescimento da população mundial, em 2019, aproximadamente 750 milhões de pessoas, o que equivale a cerca de 10% da população global, enfrentaram sérios problemas de insegurança alimentar (FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2020). Infelizmente, esse número aumentou ao longo de 2020 devido à pandemia de COVID-19 e seus impactos econômicos em todo o mundo.

Conforme indicado no relatório "Previsões sobre a População Mundial 2006" do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, a população global deverá crescer em cerca de 37,3% até 2050, passando de aproximadamente 6,7 bilhões de pessoas para 9,2 bilhões. Nas regiões

industrializadas, a proporção da população com mais de 60 anos deve aumentar de 20% para 33%. Nos países em desenvolvimento, a faixa etária de 60 anos ou mais deverá quase dobrar. Segundo especialistas da ONU, a projeção de aumento total da população global até meados do século (2,5 bilhões) equivale à população mundial de 1950. Esse aumento será principalmente absorvido pelos países em desenvolvimento, que devem passar de 5,4 bilhões de habitantes em 2007 para 7,9 bilhões em 2050 (ONU, 2006).

**Quadro 1.** Crescimento da população mundial

Ano	População (milhões de hab.)	Taxa de crescimento anual (%)
1650	500	Não disponível
1800	900	0,16
1850	1200	0,53
1900	1600	0,64
1950	2500	0,89
1990	5250	1,60
1999	5947	1,00
2001	6134	1,00
2006	6712	1,23
2022	8000	1,00

Fonte: Banco Mundial, 2000/2001, ONU, 2001; 2006; 2022.

Portanto, a maior parte do crescimento populacional e da população jovem do mundo deve ocorrer nos 50 países mais pobres, com projeções apontando para um aumento de 800 milhões para 1,7 bilhão de habitantes. Em contraste, as regiões desenvolvidas devem experimentar mudanças demográficas limitadas durante o período analisado. Até 2050, a Europa deve registrar uma diminuição de aproximadamente 67 milhões de habitantes, enquanto a Índia deve se tornar o país mais populoso em 2025, superando a China (*ibidem*). Isso ressalta a crescente pressão sobre o tempo disponível para lidar com o aumento populacional, como evidenciado no Quadro 2. De fato, dados atuais da ONU (2023), apontam que a população da Índia ultrapassou a da China.

**Quadro 2.** Tempo necessário para acrescentar 1 bilhão à população mundial

<b>Ordem (bilhão)</b>	<b>Tempo necessário (anos)</b>	<b>Ano em que atingiu</b>
Primeiro	2.000.000	1830
Segundo	100	1930
Terceiro	30	1960
Quarto	15	1975
Quinto	11	1986
Sexto	12	1998
Sétimo	13	2011
Oitavo	11	2022

Fonte: Nações Unidas, *apud* Brown, 1990 e ONU, 2022.

Considerando-se os ecossistemas aquáticos, como fator agravante, o fato deste aumento ter sido mais significativo nos países subdesenvolvidos. A situação pode se tornar ainda mais drástica sob determinadas situações, como no Kuwait, por não possuir suprimento de água e apresentar acelerado crescimento populacional (Quadro 3).

**Quadro 3.** População, tempo necessário para a sua duplicação e suprimento de água

<b>Países</b>	<b>Suprimentos de águas renováveis (m<sup>3</sup> pessoa<sup>-1</sup>)</b>	<b>População (milhões)</b>	<b>Tempo de duplicação da população (anos)</b>
Bélgica	840	10,0	347
Holanda	660	15,2	147
Singapura	210	2,8	51
Kuwait	0	1,4	23
Argélia	730	26,0	27
Ruanda	820	7,7	20
Quênia	560	26,2	19

Fonte: Modificado de Postel, 1997.

A escassez de água é consistentemente uma das principais preocupações globais para formuladores de políticas públicas e líderes empresariais, conforme destacado pelo Fórum Econômico Mundial em 2019. O Banco Mundial (2016a) estima que as regiões afetadas pela escassez de água poderiam sofrer uma redução de até 6% no PIB até 2050, devido a perdas na agricultura, na saúde, na renda e na propriedade, o que resultaria em um crescimento econômico negativo sustentado.

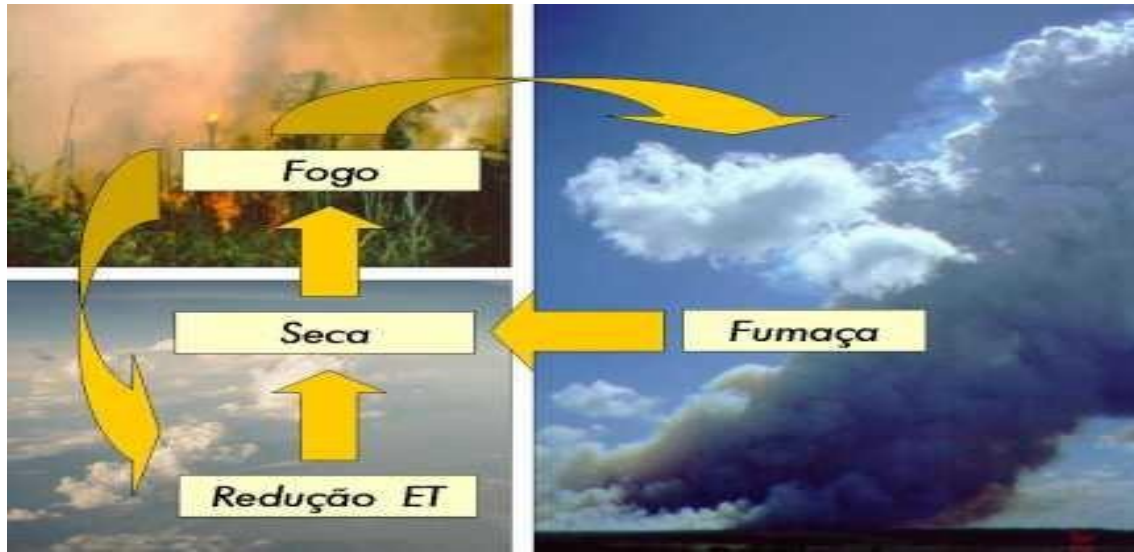
Além disso, ao longo da história, o descuido humano em relação aos recursos naturais, como nas atividades agropecuárias, tem exacerbado essa situação. Em um estágio primitivo e, em alguns casos, até os dias atuais, muitas práticas se basearam no extrativismo predatório, envolvendo a derrubada de florestas nativas e o uso do fogo para abrir áreas destinadas à agricultura (Figura 4). Posteriormente, quando essas terras se tornavam menos produtivas, eram destinadas à pecuária, muitas vezes sem a adoção de práticas adequadas de conservação e manejo do solo.



**Figura 4.** Fogo como prática agropecuária rotineira. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

O maior problema resultante desse procedimento era a sua contínua repetição, impactando locais diversos, reduzindo a biodiversidade, afetando

drasticamente a qualidade, a quantidade e a distribuição dos recursos hídricos, com reflexos nos dias atuais (Figura 5).



**Figura 5.** Desmatamento: redução da evapotranspiração e posteriormente das chuvas. Fonte: Assad e Cunha, 2001.

Atualmente, a maioria das queimadas é provocada direta ou indiretamente pela atividade humana. De acordo com Coutinho et al. (2003), o fogo desempenha um papel ecológico significativo nos ecossistemas do Cerrado, afetando uma ampla gama de questões ecológicas, desde a composição das comunidades vegetais até o fluxo de energia nos ecossistemas em que estão inseridos. O ciclo de nutrientes minerais é influenciado pelas queimadas de duas maneiras: a) elas aceleram a liberação de nutrientes, remineralizando rapidamente a biomassa acima do solo e depositando as cinzas resultantes na superfície do solo; ou b) favorecem a exportação de certos nutrientes para a atmosfera junto com a fumaça.

De acordo com Brady e Weil (2012), no primeiro ciclo de cultivo, o uso do fogo no solo contribuiu para trazer às superfícies nutrientes tais como cálcio, fósforo, magnésio e nitrogênio, enriquecendo o solo atualmente utilizado para cultivo. No entanto, o uso repetido do fogo para preparar o solo pode levar à sua exaustão, uma vez que nutrientes essenciais como nitrogênio e enxofre, que são fundamentais para o crescimento das culturas, tornam-se escassos, enfraquecendo o solo e iniciando o processo de degradação da área.

No passado, impactos significativos foram observados com a implantação de modelos de desenvolvimento acelerado, especialmente no Cerrado brasileiro. A partir dos anos da década de 1960, com o apoio do governo por meio do Conselho de Desenvolvimento da Pecuária (CONDEPE), vastas áreas de Cerrado foram transformadas em pastagens. Em 1995, estimativas da EMBRAPA indicaram que cerca de 80% dos 60 milhões de hectares de pastagens no Cerrado eram considerados áreas degradadas. Como resultado, a degradação do solo, com consequências para os ecossistemas aquáticos, tornou-se um dos principais problemas ambientais nesse importante bioma (SHIKI, 2003).

Um dos resultados negativos mais significativos da implementação desse modelo foi o desmatamento, levando à redução da biodiversidade. O Brasil abriga aproximadamente 70% das espécies vegetais e animais do planeta, conforme indicado pelo IBAMA (2003). No entanto, em algumas regiões, os remanescentes de vegetação natural são mínimos ou inexistentes, afetando o controle biológico natural devido à destruição dos habitats. A gestão inadequada dessas áreas remanescentes tem resultado na extinção de espécies endêmicas da flora e fauna, além de causar a escassez de recursos naturais essenciais, como madeira, carvão vegetal e plantas medicinais, frutíferas nativas e leguminosas com potencial forrageiro.

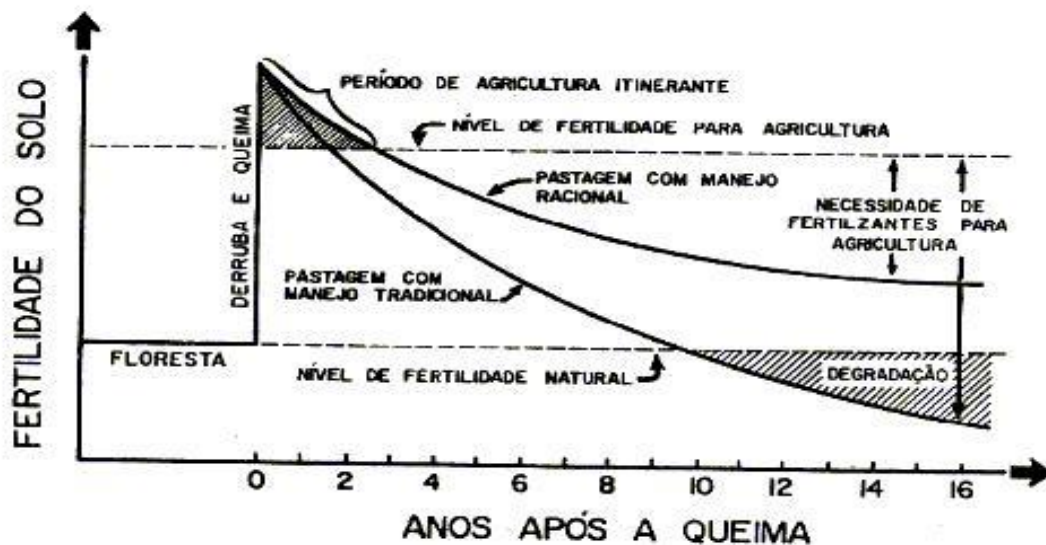
Em levantamento realizado por UNICA (2008), e EMBRAPA (2018), aproximadamente 30% (cerca de 260 milhões de hectares) do território brasileiro é ocupado por atividades agrícolas, incluindo pastagens (cerca de 200 milhões de hectares – em torno de 160 milhões em 2022), cultivo de soja (cerca de 23 milhões de hectares - 43,2 milhões de hectares na safra 2022/2023), cana-de-açúcar (cerca de 12 milhões de hectares – 8,8 milhões na safra 2022/2023), silvicultura (eucalipto e pinus, cerca de cinco milhões de hectares – 9,6 milhões em 2022) e outras culturas alimentares (cerca de 20 milhões de hectares).

Em 2016, a Embrapa Territorial calculou a área cultivada do País em 65.913.738 hectares (7,8%). De acordo com a EMBRAPA (2018), toda a produção de grãos, frutas, fibras e agroenergia ocupam 9,0% do País, sendo 1,2% com florestas plantadas e 7,8% com lavouras. Essas atividades agrícolas

se estendem por diversos biomas brasileiros, mas predominam na Mata Atlântica e no Cerrado, localizados no Centro-Sul do país.

Além da fragmentação e perda de habitats naturais, a expansão da fronteira agrícola tem causado outros impactos diretos, como erosão do solo, eutrofização de corpos d'água, poluição por agroquímicos e introdução de espécies exóticas. Apesar disso, paisagens agrícolas ainda abrigam uma parte significativa da fauna e flora silvestres (KRONKA et al., 2000; DOTTA; VERDADE, 2007; 2009).

Em 2004, o Brasil consumiu aproximadamente 36 milhões de metros cúbicos de carvão (MDCs), sendo metade proveniente de florestas nativas. Minas Gerais foi o estado que mais consumiu carvão devido ao seu grande setor siderúrgico. Em 2004, cerca de 24,5 milhões de MDCs foram queimados no estado (IBGE, 2005; IEF, 2006). Esse desmatamento descontrolado tem levado à criação de inúmeras áreas degradadas e até mesmo à destruição de ecossistemas inteiros, especialmente em solos naturalmente pobres, como ilustrado na Figura 6.



**Figura 6.** Alterações da fertilidade de um solo, originalmente revestido de floresta, em consequência da derrubada-queima e posterior utilização com agricultura itinerante ou formação de pastagem. Fonte: Lamprecht, 1990.

Os principais Estados produtores de carvão vegetal de origem nativa em 2005 foram Bahia, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Goiás e Minas Gerais. Estes

Estados produziram, respectivamente, 26,9%, 18,8%, 16,9%, 10,8% e 10,4% da produção nacional (IBGE, 2006).

Contudo, nos dias atuais, o Brasil não é mais um grande consumidor de carvão de florestas nativas. Na verdade, o consumo de carvão vegetal no Brasil é majoritariamente proveniente de madeira de reflorestamento, como eucalipto e pinus. O uso de carvão de florestas nativas é muito limitado devido à legislação ambiental rigorosa que proíbe a exploração de florestas nativas sem autorização e plano de manejo sustentável (IBF, 2019).

De acordo com esse mesmo autor, o carvão vegetal produzido a partir de reflorestamentos é amplamente utilizado na indústria siderúrgica, metalúrgica e na produção de energia, entre outros setores. Essa fonte de carvão é considerada mais sustentável, uma vez que é produzida a partir de árvores cultivadas para esse fim, seguindo práticas de manejo responsável e reflorestamento para substituir as árvores colhidas. Portanto, é importante destacar que o consumo de carvão proveniente de florestas nativas é uma prática altamente restrita no Brasil e não é a fonte predominante de carvão no país.

Dentre os diversos problemas decorrentes do desmatamento, além da redução da biodiversidade, destacam-se (PERLIN, 1992; SOUZA, 2018; 2023): a) a exaustão dos estoques de lenha (que é uma fonte primária de energia para cerca de 75% da população dos países em desenvolvimento); b) o aumento de inundações severas; c) a rápida degradação do solo; d) a erosão e o avanço da desertificação; e e) a diminuição da produtividade primária da terra. Esses problemas tendem a ser mais acentuados em nações subdesenvolvidas.

Para esses mesmos autores, nos países industrializados, os problemas ambientais frequentemente estão relacionados à poluição, e as políticas ambientais são direcionadas para reverter essa situação, evitando um agravamento da degradação. Por meio dessas medidas, os padrões de qualidade da água, do ar e do solo são restaurados aos níveis anteriores à crise. Já nos países subdesenvolvidos ou periféricos, a crise ambiental está diretamente relacionada ao esgotamento de seus recursos naturais. Portanto, suas políticas ambientais deveriam priorizar a gestão sustentável dos recursos naturais como uma medida fundamental.



Atualmente, é amplamente reconhecido que fatores naturais, como as mudanças climáticas, também desempenham um papel significativo na evolução da vegetação original. A natureza está constantemente passando por mudanças, promovendo a diversificação biológica, onde espécies são substituídas e a dominância é alterada. Esse processo ocorre ao longo de centenas de anos, sendo lento e espontâneo. Os organismos se adaptam ao ambiente físico e, por meio de suas ações nos ecossistemas, também moldam o ambiente geoquímico para atender às suas necessidades biológicas. Assim, as comunidades de organismos e seus ambientes evoluem e se desenvolvem em conjunto, como é observado nos ecossistemas.

No entanto, a intervenção humana, especialmente devido ao rápido avanço tecnológico das últimas décadas, perturbou essa dinâmica natural das formações originais. Muitas vezes, as alterações introduzidas pelos seres humanos têm sido prejudiciais, reduzindo a resistência (a capacidade de um sistema de se manter diante de distúrbios ou estresses) e a resiliência (a capacidade de um sistema de se regenerar após um distúrbio ou estresse) dos ecossistemas (ODUM, 1988; RESENDE; KER; BAHIA FILHO, 1996; SOUZA, 2018; 2022; 2023).

É importante ressaltar que resistência e resiliência são conceitos diferentes. A resistência se refere ao limite de capacidade de um sistema para resistir a influências externas; enquanto a resiliência é a capacidade de um sistema de retornar a um estado de referência após uma perturbação (RICKLEFS, 2010). Portanto, é fundamental que as atividades humanas não degradem o ambiente e ameacem seu ponto de equilíbrio.

A ação humana tem causado danos significativos à natureza, modificando o meio ambiente natural e prejudicando as atuais e futuras gerações. Além disso, ela tem gerado desafios sociais, como o aumento da pobreza e da marginalização urbana (AMARAL, 2013). As mudanças no ambiente devido à intervenção humana têm levado a alterações substanciais no equilíbrio dos ecossistemas naturais, especialmente nas últimas décadas, com o aumento da população e o processo de urbanização. Isso resultou em impactos acentuados da interferência humana na paisagem, alterando profundamente a estrutura

ecológica e social e tornando o ambiente mais frágil e vulnerável (RODRIGUES et al., 2009).

Leff (2008) enfatiza que a exploração excessiva dos ecossistemas no processo produtivo representa uma força destrutiva para o meio ambiente, tornando-se um fator desestabilizador da sustentabilidade global do planeta, com sérias ameaças à economia.

Os pacotes tecnológicos propostos pela Revolução Verde não são adequados para enfrentar problemas de pragas, uma vez que esses problemas não são de natureza puramente química, mas sim ecológica. Portanto, é essencial buscar um equilíbrio nos processos ecológicos autorreguladores das populações de pragas, que podem, de alguma forma, causar danos (CAPORAL; AZEVEDO, 2011).

De acordo com esses mesmos autores, a Agroecologia é uma ciência integradora que se baseia na construção do conhecimento e na experimentação realizada pelos agricultores e pelas comunidades tradicionais. Ela valoriza o conhecimento endógeno, pois reconhece que a experiência prática é um elemento fundamental para qualquer iniciativa de transição ou desenvolvimento de agroecossistemas voltados para a sustentabilidade.

A Agroecologia, como uma ciência integradora, oferece princípios e práticas que libertam os agricultores da dependência de insumos químicos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde das pessoas. Ela promove uma agricultura que busca lucratividade e produtividade, ao mesmo tempo em que restaura o equilíbrio nos ambientes (ALTIERI; NICHOLLS, 2021).

Para compreender o funcionamento de um ecossistema, é essencial conhecer e analisar todos os componentes que compõem seu capital natural. Isso se justifica porque os sistemas, em seus diversos níveis de organização, estão interligados e integrados por meio de fluxos de energia nas cadeias alimentares, taxas de produção, ciclos biogeoquímicos, fatores limitantes e reguladores, entre outros aspectos.

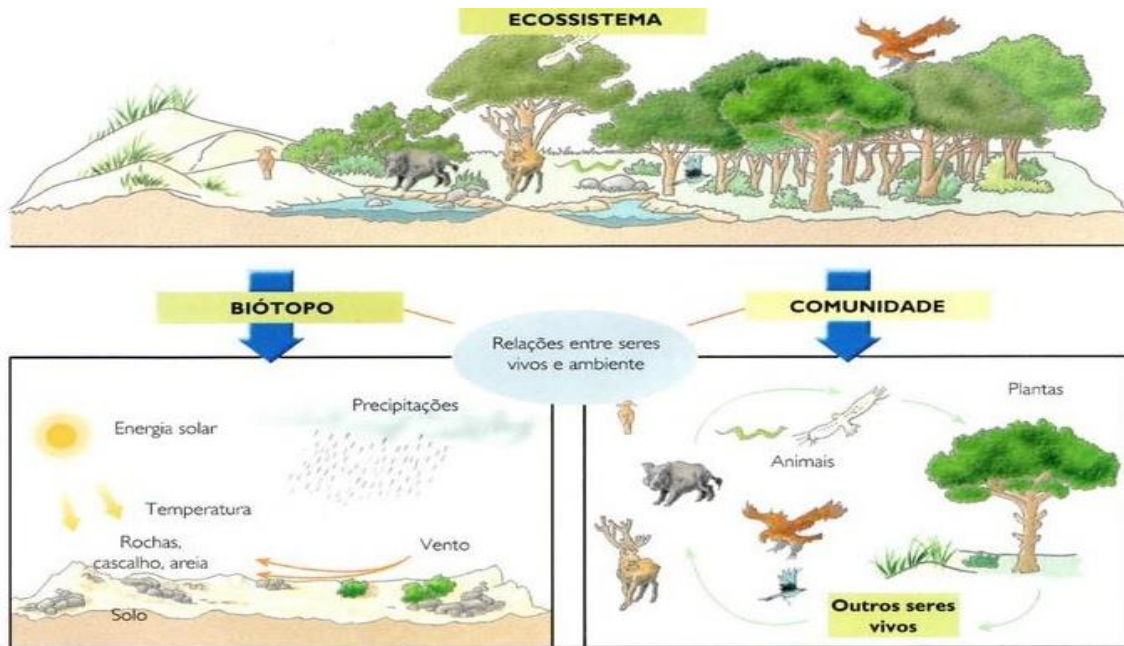
## 2. O capital natural

Os recursos naturais podem ser definidos como os elementos da natureza, tanto bióticos quanto abióticos, que estão disponíveis para o uso humano a fim de satisfazer suas necessidades econômicas, sociais e culturais. Dessa forma, o capital natural abrange todos esses recursos fundamentais utilizados pela humanidade, englobando elementos como o solo, a água, a flora, a fauna, os minerais e o ar (BELLIA, 1996; KUMAR, 2010).

Hurtubia (1980) conceitua ecossistema como um sistema aberto e integrado, abrangendo todos os organismos vivos, incluindo seres humanos, bem como os elementos não vivos de um ambiente específico, delimitado no tempo e no espaço. Dentro desse sistema, ocorrem processos de fluxo de energia e ciclagem da matéria que contribuem para seu funcionamento global. Esses processos são regulados por meio de interações entre todos os componentes do ecossistema, sejam eles naturais ou influenciados pelas ações humanas.

Odum (1988) conceitua ecossistema como um sistema composto por elementos bióticos, incluindo componentes autotróficos (capazes de converter energia luminosa em alimentos a partir de substâncias inorgânicas) e componentes heterotróficos (que utilizam, rearranjam e decompõem os materiais complexos produzidos pelos componentes autotróficos), bem como elementos abióticos (os componentes físicos e químicos do ambiente, como temperatura, luz, água, etc.). No âmbito do ecossistema, ocorrem interações entre os organismos vivos e o ambiente físico, resultando na criação de um fluxo de energia e no ciclo de materiais entre as partes vivas e não vivas (Figura 7).

Raven et al. (2001) definem ecossistema como um conjunto que engloba todos os elementos bióticos e abióticos que influenciam simultaneamente uma determinada região. Os elementos bióticos compreendem diversas populações de animais, plantas, fungos e microrganismos, enquanto os elementos abióticos incluem fatores físicos como água, luz solar, solo, gelo e vento.



**Figura 7.** Esquema da composição de um ecossistema. Fonte: Paulo Magno da Costa Torres, 2023.

Essas definições destacam a complexidade dos ecossistemas, enfatizando a interação entre os seres vivos e os componentes físicos do ambiente em uma região específica. O fato é que em um ecossistema os elementos físicos e os elementos vivos estão unidos numa mesma área, coexistindo num processo de dependência, como os ecossistemas aquáticos e as vegetações ciliares (Figura 8).

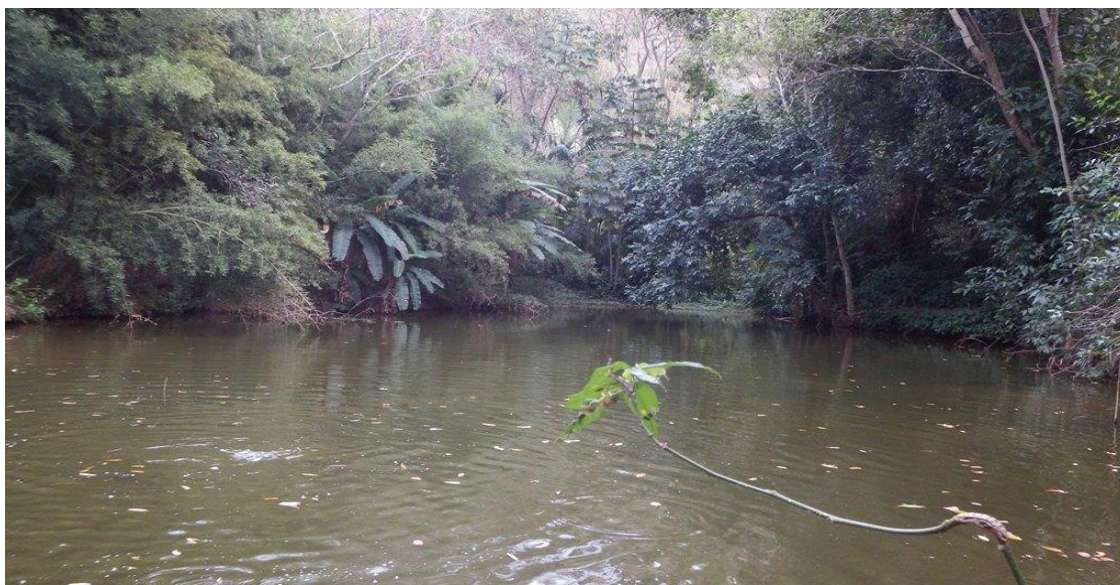


**Figura 8.** Perfil de um ecossistema formado pela mata ciliar e um riacho de água doce. Fonte: Adaptado de Divigneaud, 1974.

Durigam (1989) conduziu um estudo sobre a dispersão de sementes em áreas de cerradão no município de Assis (SP), analisando duas situações: a) uma mata ciliar dentro de uma área de cerradão; e b) uma mata ciliar localizada em uma região de floresta tropical semidecídua. Os resultados indicaram que: a) a maioria das espécies de plantas estudadas depende da dispersão por animais (zoocoria), com uma ocorrência de 95% na mata ciliar inserida em área de cerrado; b) 75% na mata ciliar inserida em área de floresta tropical semidecídua; e c) 35% no cerradão. Esses resultados ressaltam a estreita relação entre a fauna e a vegetação, especialmente em áreas de mata ciliar e em ecossistemas adjacentes.

É importante destacar que um ecossistema é uma entidade complexa, caracterizada por uma ampla diversidade de formas de vida, populações e características. No entanto, ele não é estático e está sujeito a mudanças ao longo do tempo. Essas mudanças estão relacionadas à produção de matéria orgânica, que está intrinsecamente ligada ao fluxo de energia, ao ciclo da água e à reciclagem dos elementos minerais (SOUZA, 2008).

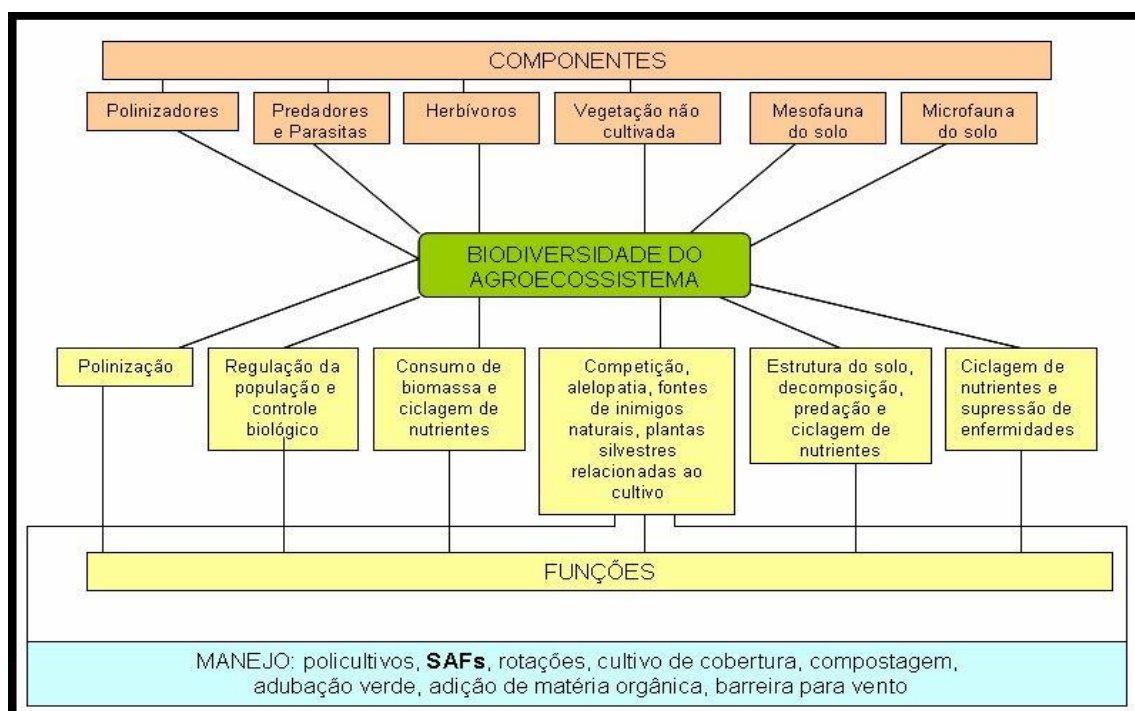
Essas informações enfatizam a dinâmica e a complexidade dos ecossistemas, bem como a importância das interações entre os componentes bióticos e abióticos na manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos (Figura 9).



**Figura 9.** Ecossistema formado pela mata ciliar em uma represa de água doce.  
Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

De acordo com Altieri (1999), o conceito de biodiversidade abrange a variedade de espécies de plantas, animais e microrganismos que coexistem e interagem dentro de um determinado ecossistema. Em um agroecossistema, a preservação da biodiversidade natural ou seu aumento desempenham papéis essenciais em diversos aspectos, tais como a conservação do banco de germoplasma de espécies nativas, a promoção da reciclagem de nutrientes, a regulação do microclima local, o controle de processos hidrológicos, a manutenção do equilíbrio entre organismos benéficos e prejudiciais, entre outros fatores relevantes.

A Figura 10 ilustra como a biodiversidade em um agroecossistema está interconectada com vários componentes e funções do sistema, ampliando as oportunidades para práticas de manejo sustentável da área. Essa perspectiva ressalta a importância da biodiversidade não apenas para a preservação da natureza, mas também para a agricultura sustentável, na qual a interação harmoniosa entre os elementos bióticos e abióticos contribui para a resiliência e a eficiência do sistema agrícola.



**Figura 10.** Componentes, funções e métodos de manipulação da biodiversidade em agroecossistemas. Fonte: adaptado de Altieri, 1999.

A biodiversidade é composta por diversos elementos ecológicos, que são componentes naturais, efetivos e constantes, de natureza estrutural e funcional, que integram e circunscrevem as condições inerentes ao desenvolvimento e à manutenção dos organismos vivos. Esses elementos se distribuem em três conjuntos distintos (KUMAR, 2010; ALTIERI; NICHOLLS, 2021):

- ✓ Elementos Atmosféricos: Incluem fatores como a Radiação Solar, Umidade e Temperatura, que desempenham um papel essencial no ambiente.
- ✓ Elementos Geofísicos: Compreendem o Solo e a Água, que desempenham um papel fundamental nas características físicas do ambiente.
- ✓ Elementos Bióticos: Envolvem a flora (vegetais) e fauna (animais), representando a diversidade de vida nos ecossistemas.

Além desses elementos, existem os fatores ecológicos, que são circunstâncias eventuais, agentes ou forças de natureza que podem modificar ou alterar os padrões constituintes do ambiente. Esses fatores podem atuar diretamente sobre os organismos vivos, influenciando sua distribuição e comportamento. Os principais tipos de fatores ecológicos incluem (KUMAR, 2010; ALTIERI; NICHOLLS, 2021):

- ✓ Fatores Geográficos: Relacionados à localização geográfica, como altitude, latitude e longitude.
- ✓ Fatores Geológicos: Relacionados à composição e estrutura geológica do local, como tipos de rochas e solos.
- ✓ Fatores Atmosféricos: Relacionados às condições climáticas, como temperatura, umidade e ventos.
- ✓ Fatores Bióticos: Relacionados à presença e interação de outras espécies no ecossistema, como competição e predação.

Para esses mesmos autores, é importante compreender esses condicionamentos ecológicos, principalmente os climáticos, pois eles influenciam a distribuição da flora e a resposta dos organismos vivos ao

ambiente. Esses elementos e fatores interagem entre si e com o ambiente em que o ecossistema está inserido, resultando em fluxos internos e externos no sistema.

A estabilidade de um sistema ecológico depende de uma interação complexa entre produção, consumo e ciclagem de substâncias, como gases, solutos e líquidos. A biodiversidade desempenha um papel crucial na resiliência desse sistema. Ecossistemas maiores e mais complexos tendem a ter uma biodiversidade mais rica. Quando ocorre um estresse ou perturbação em um ecossistema, a diversidade genética pode ser fundamental para a recuperação e manutenção da estrutura anterior (ALTIERI, 1999; KUMAR, 2010; SOUZA, 2018; ALTIERI; NICHOLLS, 2021).

Diversos processos estão associados à perda da biodiversidade, incluindo a perda e fragmentação de habitats, introdução de espécies exóticas e doenças, exploração excessiva de espécies, uso de monoculturas na agricultura e reflorestamento, poluição do solo, água e atmosfera, bem como mudanças climáticas. Esses fatores representam desafios significativos para a conservação da biodiversidade e a preservação dos ecossistemas naturais.

### **3. Funções ambientais de ordem econômica e a ruptura do equilíbrio**

Os serviços ecossistêmicos, como o armazenamento de água e a regulação do ciclo de carbono, desempenham um papel fundamental na manutenção de um meio ambiente saudável. Além de fornecer água e ar limpos, chuvas regulares e solo fértil, esses serviços desempenham funções essenciais para a sustentabilidade. Entre essas funções, incluem-se (HAWKEN et al., 1999):

- ✓ Processamento de resíduos (naturais e industriais): Ecossistemas têm a capacidade de decompor e reciclar resíduos orgânicos, contribuindo para a redução da poluição e a recuperação de nutrientes.

- ✓ Proteção contra extremos climáticos: Ecossistemas, como florestas e zonas úmidas, atuam como barreiras naturais contra eventos climáticos extremos, como tempestades e inundações, ajudando a mitigar danos.



✓ **Regeneração atmosférica:** Plantas desempenham um papel importante na absorção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera, contribuindo para a regulação do clima e a redução do aquecimento global.

No entanto, apesar do aumento da conscientização pública e dos avanços na pesquisa ambiental, os problemas ambientais têm se agravado. Nas últimas décadas, consumimos cerca de um terço dos recursos naturais da Terra, esgotando parte significativa do capital natural do planeta. A intervenção humana, especialmente nas atividades agropecuárias e florestais, tem deixado profundas marcas no ambiente (BASTOS; FREITAS, 1999; SOUZA, 2018; 2023).

A Revolução Industrial, que trouxe um rápido crescimento na capacidade produtiva, também marcou o início do modelo de capitalismo atual, em que a natureza foi vista como uma fonte ilimitada de recursos. No entanto, à medida que a população cresceu e os hábitos de consumo mudaram, tornou-se claro que os recursos são finitos e escassos. A produção e o uso de recursos naturais requerem energia, e a sociedade passou a entender que nosso planeta é um sistema econômico fechado em relação a seus materiais constituintes (DAHLMAN, 1993; SOUZA, 2018).

Com o contínuo aumento da população, alterações dos hábitos de consumo e com a evolução da ciência, estimulados pela própria Revolução Industrial, ficou evidente que o nosso planeta é um sistema econômico fechado em relação aos seus materiais constituintes. À medida que a sociedade amadurece, redobra a consciência de que os seus recursos são finitos e tornam-se cada vez mais escassos. Além disso, para cada ciclo de produção, deve ser fornecida energia durante cada um dos estágios (CALLISTER JUNIOR, 2000; TUNDISI, 2003).

Qualquer produto utilizado eventualmente retorna ao sistema ambiental, não sendo destruído, mas sim convertido ou dissipado. Se ocorrer uma má gestão ou desordem nesse sistema devido a estresses ambientais, a entropia do sistema aumenta, criando obstáculos para a sustentabilidade.

Qualquer produto utilizado terminará no sistema ambiental: não pode ser destruído, pode ser convertido ou dissipado. Caso o sistema se torne deturpado

ou desordenado como resultado de um estresse aumenta a entropia do sistema; ou seja, passa a existir uma maior “desordem”.

Dessa forma, cria-se um obstáculo físico ou uma limitação para um sistema fechado e sustentável. Quando se visualiza essas questões sob a ótica econômica, a sustentabilidade para o caso de recursos naturais renováveis, requer que a sua taxa de uso não exceda sua taxa de regeneração e, também, a disposição de resíduos em determinado compartimento ambiental não deve ultrapassar sua capacidade assimiladora (PEARCE; TURNER, 1989).

Entretanto, tem-se observado que o mau tratamento dos recursos naturais surge porque não são conhecidos, em termos de preços, os valores para estas funções. São funções econômicas porque todas têm valor econômico positivo, caso fossem compradas ou vendidas no mercado. A inabilidade de valorar objetivamente os bens e serviços ambientais é uma das causas do descaso gerencial (GRIFFITH et al., 2003).

Para alcançar a sustentabilidade, especialmente no caso de recursos naturais renováveis, é essencial que a taxa de uso não exceda a taxa de regeneração desses recursos. Além disso, a disposição de resíduos deve respeitar a capacidade de assimilação do ambiente.

Contudo, um desafio na busca pela sustentabilidade, é a dificuldade em atribuir valores econômicos aos bens e serviços ambientais, uma vez que muitos deles não são negociados no mercado. Isso leva à falta de incentivos para a preservação dos recursos naturais e a problemas de gestão ambiental. Portanto, é importante considerar os custos das externalidades negativas e encontrar maneiras de valorar objetivamente esses serviços ambientais para promover a sustentabilidade.

#### **4. Externalidades**

Conforme Contador (1981); Tietenberg e Lewis (2017) indicam, externalidades se referem a efeitos colaterais não intencionais, que podem ser benéficos (desejáveis) ou prejudiciais (indesejáveis), na qualidade de vida de outras pessoas e empresas. Esses efeitos são considerados positivos quando as ações de um indivíduo ou empresa beneficiam involuntariamente outros; por

outro lado, tornam-se negativos quando prejudicam terceiros. Em outras palavras, são consequências externas que afetam outros agentes econômicos ou a sociedade em geral, sem que os responsáveis pela atividade original tenham considerado esses efeitos em seus cálculos ou planejamento.

Para esses mesmos autores, o conceito de externalidade surge quando as atividades de produção ou consumo de uma empresa (ou indivíduo) incorporam algumas variáveis que são determinadas por outros agentes, sem que o bem-estar dos afetados seja adequadamente considerado. Além disso, aqueles que geram esses efeitos muitas vezes não são compensados nem responsabilizados financeiramente por suas ações.

Portanto, a oferta de bens e serviços a um determinado grupo pode resultar em outro grupo desfrutando dos benefícios sem arcar com os custos associados, ou, inversamente, sofrendo danos sem receber compensações apropriadas. Esse fenômeno é evidente nos problemas decorrentes da exploração inadequada de recursos em uma situação de acesso livre, ou seja, na ausência de restrições e controle de uso, como no caso da água e do ar atmosférico.

Outra característica fundamental das externalidades é que elas derivam da falta de definição precisa dos direitos de propriedade. Por exemplo, quando uma fábrica emite poluentes na atmosfera, causando problemas respiratórios em pessoas e impactando a vida animal e vegetal, isso ocorre devido à ausência de direitos de propriedade sobre o ar puro. O ar é considerado um recurso de propriedade comum e de livre acesso. Nesse contexto, os direitos de propriedade não estão claramente definidos ou simplesmente não existe, o que resulta em custos sociais que diferem dos custos privados (TIETENBERG; LEWIS, 2017).

A falta de valor de mercado também é característica das externalidades. Existindo direito de propriedade, envolve uma contratação entre os proprietários e os utilizadores potenciais. Sempre que a contratação e execução de direitos de propriedade forem relativamente baratas, os custos sociais e os custos privados tenderão a ser iguais. Essa é a razão pela qual as externalidades constituem problemas apenas na área de atividades da nossa sociedade que afetam bens de livre acesso e de propriedade comum (entendida como sistema

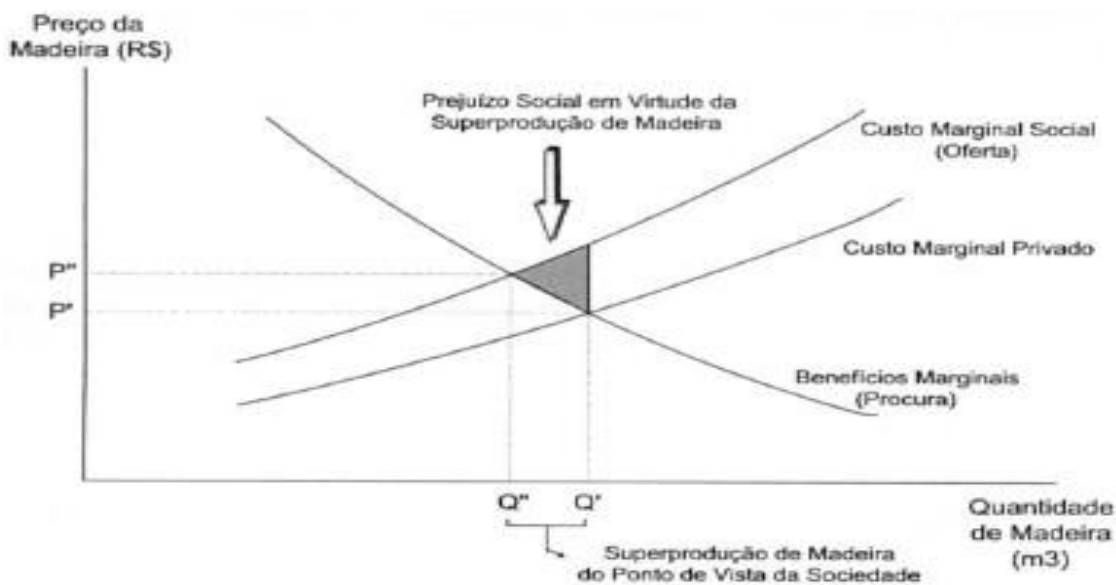
de apropriação comum), quais sejam, os bens ambientais - de espaços e recursos (CONTADOR, 1981; BELLIA, 1996; DIEGUES, 1997).

Do ponto de vista econômico, na presença de externalidades, os mercados não alocam recursos de maneira eficiente, porque geralmente os custos de negociação ou transação não são contabilizados. Um produtor que não recebe compensação pelas externalidades positivas que gera não produzirá a quantidade desejada pela sociedade, enquanto aquele que causa externalidades negativas continuará produzindo mais do que a sociedade suporta. O problema das externalidades é uma preocupação central, mesmo em um mercado de competição perfeita, pois, se não for tratado, impedirá a eficiência econômica máxima do ponto de vista social. Portanto, na presença de externalidades, há uma divergência entre os valores socioambientais e os interesses privados (REZENDE, s.d.; TIETENBERG; LEWIS, 2017).

Na bacia do rio Paracatu, tem surgido externalidades negativas, principalmente devido ao aumento significativo do consumo de água, que cresceu cerca de onze vezes no período de 1970 a 1996, em grande parte devido à expansão da irrigação agrícola. Esse cenário aponta para a necessidade urgente de implementar uma gestão adequada dos recursos hídricos, levando em consideração a alta taxa de crescimento da demanda, resultado do intenso desenvolvimento econômico ocorrendo na bacia (RODRIGUEZ, 2004).

Atualmente, observa-se que a maioria dos projetos de irrigação na região utiliza água em excesso, reduzindo sua disponibilidade e causando contaminação nos ecossistemas aquáticos, incluindo o lençol freático (RAMOS; PRUSKI, 2003).

Uma estratégia para eliminar ou reduzir as externalidades é através de acordos voluntários, como exemplificado na Figura 11, onde serrarias concordam em diminuir a quantidade de corte de árvores em troca de benefícios sociais (CONTADOR, 1981).



**Figura 11.** Comparação entre os custos privados (serrarias) e os custos sociais (reivindicados pela sociedade que desfruta dos benefícios proporcionados pelas florestas) da produção de madeira. Fonte: Oliveira, 1993.

A Figura 11 ilustra que as empresas de exploração de madeira determinam seu nível de produção de madeira, denotado como  $Q$ , com base em seus cálculos internos. A quantidade  $Q$  e o preço  $P$  do produto (madeira) são estabelecidos pela interseção das curvas de demanda e oferta, seguindo o funcionamento livre do mercado. No entanto, o custo marginal social<sup>2</sup>, que incorpora os efeitos das externalidades associadas à destruição das florestas, supera o custo marginal privado das empresas. Portanto, do ponto de vista da sociedade, o nível ótimo de produção seria  $Q''$ . A ausência de consideração adequada dos custos sociais adicionais aos custos privados leva a uma sobre produção de madeira igual à diferença entre as quantidades  $Q'$  e  $Q''$ . A área sombreada na Figura 11 representa o valor total do prejuízo social causado pela superprodução de madeira (SCHETTINO et al., 2002).

Embora as análises econômicas tradicionalmente enfatizem as variações mensuráveis, como o aumento da renda, pouco tem sido feito para avaliar os custos e benefícios externos relacionados ao meio ambiente. Isso se deve em

<sup>2</sup> Diz-se que um mercado é eficiente quando o benefício marginal social, isso é, o benefício que a sociedade deriva da produção/consumo de mais uma unidade de um bem, iguala-se ao custo marginal social, que é o custo para a sociedade de se produzir/consumir mais uma unidade do bem.

parte à considerável dificuldade, tanto política quanto teórica e técnica, de realizar tais avaliações e, assim, internalizar os custos e benefícios que antes eram considerados externos. A internalização desses custos e benefícios, como recompensar "produtores de água" ou irrigantes que adotam práticas de manejo sustentável da irrigação, poderia melhorar os processos decisórios que afetam o meio ambiente e, conseqüentemente, beneficiar toda a sociedade.

Ou seja, as externalidades podem levar a alocações ineficientes de recursos na economia, uma vez que os agentes econômicos não consideram os custos ou benefícios que impõem a outros. Para corrigir esse problema, muitas vezes são necessárias intervenções governamentais, como impostos, subsídios, regulamentações ou políticas públicas para internalizar essas externalidades, de forma a incentivar a consideração dos efeitos externos em decisões econômicas e promover o bem-estar social.

Recentemente, o mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tem experimentado um crescente interesse, com várias iniciativas surgindo em diversos países, notadamente no Brasil. O estado do Espírito Santo é uma das regiões pioneiras no Brasil na implementação de PSAs. Atualmente, essa política é executada por meio do programa "Reflorestar", que oferece apoio financeiro aos produtores rurais interessados em destinar parte de suas propriedades para a preservação e recuperação do meio ambiente e dos recursos hídricos (TRUGILHO, 2023).

Programas como o "Reflorestar" e projetos de recuperação ambiental desempenham um papel significativo na restauração ecológica, promovendo a reintegração de ecossistemas degradados e a diversificação dos agroecossistemas. Isso inclui a prática de introduzir árvores em cultivos de café solteiro, que pode acelerar e facilitar os esforços de recuperação ambiental (TRUGILHO, 2023).

É importante destacar que as abelhas desempenham um papel fundamental em ecossistemas e na agricultura, proporcionando diversas externalidades positivas que beneficiam tanto o meio ambiente quanto a sociedade em geral. Por meio da polinização, esses insetos contribuem significativamente para a produção de alimentos e a manutenção da biodiversidade.

Assim, a integração de árvores em cultivos de café, por exemplo, não apenas melhora a resiliência dos agroecossistemas, mas também fornece habitat e recursos para as abelhas e outros polinizadores. Isso cria um ambiente propício para a reprodução de plantas nativas e contribui para a restauração de ecossistemas em áreas anteriormente degradadas (SOUZA, 2023).

Ou seja, programas de restauração ambiental e práticas de diversificação dos agroecossistemas, como a introdução de árvores em cultivos de café, podem ser estratégias eficazes para acelerar a recuperação de ecossistemas degradados. Essas iniciativas são altamente benéficas tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade, destacando a importância crucial das abelhas e outros polinizadores nesse contexto. Algumas das principais externalidades positivas produzidas pelas abelhas incluem:

✓ **Polinização de Culturas:** a externalidade mais conhecida é a polinização de culturas agrícolas. As abelhas, ao coletar néctar e pólen das flores, transferem o pólen entre as plantas, promovendo a fertilização e aumentando a produção de frutas, legumes, nozes e outros alimentos. Esse serviço ecossistêmico é essencial para a agricultura e contribui significativamente para a segurança alimentar global.

✓ **Mel e Produtos das Abelhas:** as abelhas também produzem mel, própolis, geleia real e cera, que são produtos valiosos utilizados na alimentação, medicina, cosméticos e na fabricação de velas. Esses produtos têm valor econômico e cultural em muitas sociedades.

✓ **Biodiversidade:** as abelhas, ao visitar uma variedade de flores, contribuem para a polinização de plantas silvestres, promovendo a diversidade de espécies vegetais. Isso beneficia toda a cadeia alimentar e a saúde dos ecossistemas.

✓ **Melhoria da Qualidade dos Alimentos:** a polinização por abelhas frequentemente melhora a qualidade dos alimentos, resultando em frutas e vegetais mais uniformes, maiores e com melhor sabor.

✓ **Apoio à Agricultura Sustentável:** a presença de abelhas em cultivos promove a sustentabilidade agrícola, reduzindo a necessidade de poluentes químicos para a polinização e aumentando a resiliência das culturas a pragas e doenças.

✓ **Serviços Ambientais:** as abelhas desempenham um papel na manutenção da saúde dos ecossistemas ao contribuir para a reprodução de plantas nativas. Isso ajuda na preservação de habitats naturais e na recuperação de áreas degradadas.

✓ **Educação e Conscientização Ambiental:** as abelhas são frequentemente usadas como um ponto focal para educar o público sobre a importância da polinização, biodiversidade e conservação.

✓ **Estabilização de Preços de Alimentos:** a produção agrícola aumentada pela polinização das abelhas pode ajudar a manter os preços dos alimentos estáveis, evitando flutuações significativas na oferta e demanda.

Em resumo, as abelhas oferecem uma série de externalidades positivas que são cruciais para a saúde dos ecossistemas, a segurança alimentar, a economia e a cultura humanas. Proteger as abelhas e promover práticas agrícolas sustentáveis é fundamental para continuar desfrutando desses benefícios.

## 5. Fatores de desequilíbrio

O consumismo desenfreado e o crescimento econômico vêm comprometendo e conflitando com o meio ambiente, levando o planeta a uma crise ambiental com perdas imensuráveis e até certo ponto irreversíveis, pois já ocorrem notícias de desaparecimento de zonas de pesca, diminuição de áreas de floresta, erosão do solo e até o desaparecimento de espécies, evidenciando a degradação das condições de vida em nossos ecossistemas, ou seja, não só afetando o meio ambiente, mas também colocando em risco a vida dos seres humanos (OLIVEIRA et al., 2016).

O modelo mundial de desenvolvimento e crescimento econômico, ao longo dos anos, veio causando uma série de desequilíbrios, apesar de haver inicialmente disponível tanta diversidade e abundância: mesmo assim, a fome continua presente, a degradação ambiental está cada vez mais acelerada. Isso levou a discussão e ao surgimento de um mecanismo denominado Desenvolvimento Sustentável, na busca de andarem juntos o desenvolvimento econômico, a preservação da natureza e o fim da pobreza (Figura 12) (REINIGER; WIZNIEWSKY; KAUFMANN, 2017).





**Figura 12.** Sistema agroflorestral no Sítio Jaqueira Agroecologia. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

As Revoluções Industrial e Verde tiveram um impacto significativo na sociedade e no ambiente, levando a várias consequências importantes (SOUZA, 2004; 2018):

- ✓ Mudança nos padrões de consumo e nos hábitos da população: as Revoluções Industrial e Verde transformaram profundamente a maneira como as pessoas produzem, consomem e vivem. Isso incluiu a urbanização em massa, o aumento da produção industrial, o acesso a novos produtos e serviços, e uma mudança nos estilos de vida e valores culturais.
- ✓ Interferência severa nos ecossistemas devido ao avanço da agropecuária para atender à demanda por alimentos: a Revolução Verde, em particular, trouxe avanços na agricultura, como o uso de pesticidas e fertilizantes químicos, que aumentaram a produtividade agrícola, mas também causaram danos ambientais significativos, como a poluição do solo e da água, bem como a perda de biodiversidade. O avanço da agricultura também levou à conversão de áreas naturais em terras agrícolas.
- ✓ Mudança na visão produtiva, com a transição do setor rural para o urbano, resultando em alterações nas relações de trabalho e nos valores culturais: a Revolução Industrial impulsionou a migração em massa das áreas rurais para as áreas urbanas, criando centros industriais e urbanos. Isso alterou profundamente as relações de trabalho, com a ascensão das fábricas e a

transformação das condições de emprego. Também influenciou os valores culturais e sociais, contribuindo para a urbanização e a formação de uma sociedade industrial.

É importante observar que o equilíbrio em sistemas e atividades é relativo e dinâmico, sujeito a mudanças e interferências externas. Essas interferências podem ter efeitos negativos nos sistemas, levando à degradação ambiental e humana, o que ressalta a importância de considerar cuidadosamente o impacto das mudanças nas sociedades e no meio ambiente ao buscar o desenvolvimento econômico e tecnológico.

A proteção das culturas agrícolas é um problema presente desde o começo da agricultura. Os métodos de controle das consideradas pragas e doenças têm avançado com o desenvolvimento tecnológico da humanidade. Nas últimas décadas o controle por produtos químicos sintéticos tem permanecido em destaque em contraponto aos já conhecidos controles biológicos, químicos, naturais e culturais (GHINI; BETHIOL, 2000; ALTIERI; NICHOLLS, 2004; VAN LENTEREN et al., 2006; LETOURNEAU; BOTHWELL, 2008; SPARKS; NAUEN, 2015).

Nesse cenário, a produção de alimentos se apresenta refém de um modelo insustentável em todos os sentidos. A todo instante ocorrem relatos de necessidade de amplificar a dose de determinados inseticidas ou fungicidas em função da resistência das pragas e doenças aos agrotóxicos utilizados com maior frequência, em consequência, estendendo os relatos de nocividade à saúde e ao meio ambiente (CARNEIRO, 2015; SPARKS; NAUEN, 2015).

A Revolução Industrial desencadeou diversos fatores de desequilíbrio na sociedade e na economia, cujas consequências e atitudes também contribuíram para esses desarranjos. Destacam-se os seguintes fatores (SOUZA, 2018):

- ✓ Crescimento acelerado da população: a Revolução Industrial, ao melhorar as condições de vida e saúde, contribuiu para o aumento populacional, o que por sua vez pressionou os recursos naturais e as infraestruturas urbanas.
- ✓ Modo de produção capitalista: o sistema capitalista, predominante na Revolução Industrial, priorizava o lucro e a competição, muitas vezes em

detrimento de questões sociais e ambientais, levando a desigualdades econômicas e ambientais.

✓ Indefinição nas políticas agrícolas de médio e longo prazo: a falta de políticas agrícolas consistentes pode levar a práticas insustentáveis, como o uso excessivo de recursos naturais e a degradação do solo.

✓ Modelo de pesquisa implementado a partir da década de 1970: a promoção do êxodo rural, a urbanização acelerada e a concentração de renda foram impulsionados por modelos de pesquisa que enfatizavam a produtividade em detrimento da sustentabilidade e do bem-estar social.

✓ Enfraquecimento da extensão rural: a diminuição do apoio à extensão rural afetou a capacidade de agricultores de adotar práticas sustentáveis e inovadoras.

✓ Lentidão nos procedimentos de difusão tecnológica: a falta de agilidade na disseminação de tecnologias sustentáveis pode atrasar a adoção de práticas mais responsáveis.

✓ Modelos de produção agropecuária e florestal: muitas vezes, esses modelos priorizavam o lucro imediato e ignoravam os impactos ambientais, levando à degradação de ecossistemas.

✓ Sistemas de administração empresarial que visavam o lucro imediato: a busca pelo lucro imediato em detrimento da responsabilidade ambiental e social pode levar a práticas insustentáveis.

Esses fatores de desequilíbrio, combinados com atitudes e políticas inadequadas, contribuíram para desarranjos socioeconômicos e ambientais, destacando a importância de abordar essas questões de maneira mais equilibrada e sustentável para garantir um futuro mais estável e justo.

O crescimento populacional e o modelo de produção levaram a humanidade ao paradoxo da opulência e da miséria no que tange aos padrões de consumo de massa, agravando sobremaneira a disposição dos excessos no meio. Na bacia do rio Paracatu, por exemplo, que teve o seu processo de ocupação iniciado com a mineração e a pecuária, seguido pela agricultura e silvicultura atualmente intensivas, quando se considera o Índice de Qualidade de Água (IQA) como indicador ambiental, verifica-se que este apresentou uma piora em 2005, com relação ao ano anterior (IGAM, 2005).

## 6. Propostas alternativas e agroecológicas

Com relação ao uso de agrotóxicos, por exemplo, muitos autores têm realizado estudos a respeito de produtos substitutivos como alternativa ao controle de pragas, doenças e plantas daninhas, tais como óleos essenciais, extratos vegetais, urina de vaca, soro de leite, bactérias, vírus e fungos entomopatogênicos, com o intuito de alcançar o objetivo de redução dos impactos à biodiversidade e à saúde humana. Entre os principais métodos de controle de pragas e doenças, o químico, o biológico, o cultural e o comportamental, este último é uma alternativa para reduzir os gastos e danos tóxicos ao meio ambiente (SPARKS; NAUEN, 2015; ALVES, 2016; BATISTA FILHO et al., 2016).

De acordo com Mesquita (2003); Moreira et al. (2005); Figueiredo et al. (2008), Fancelli et al. (2015) e Queiroz (2016), o desenvolvimento de novos métodos de manejo integrado de pragas (MIP) se deve ao estudo comportamental dos insetos. O uso principalmente de feromônios têm se tornado uma forte ferramenta para executar alternativas, por exemplo, o monitoramento e controle de pragas. Para a utilização deste método de controle é necessário utilizar feromônios sintéticos em armadilhas para atrair e capturar este inseto: o propósito é reduzir a infestação da praga, atraindo-as até às armadilhas com os atrativos (feromônios).

O controle biológico pode ser definido como uma ação de inimigos naturais sobre uma população de pragas a fim de equilibrar essa população. O emprego do fungo *Beauveria bassiana*, como agente biológico de controle da praga broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus* (Germar), apresentou boas perspectivas de aplicação prática (FANCELLI et al., 2015). Em laboratório, de acordo com Mesquita (2003), os níveis de controle atingiram 100% de eficiência; em campo, chegou a alcançar níveis de até 40% de mortalidade dos adultos, por meio da suspensão do inóculo pulverizado ou pincelado sobre iscas tipo telha ou queijo.

Pesquisas com inseticidas orgânicos naturais, como extrato de neem, ou biológicos como nematoides em alta densidade de iscas, têm promovido reduções nas populações do besouro; porém, as altas taxas de aplicação têm encarecido muito esta técnica (ALPÍZAR et al., 2012). De acordo com Fermino e Kanpf (2003), a torta de mamona é possível ser uma alternativa interessante

para fertilização e também para o manejo da broca-do-rizoma, pois não deixa resíduos tóxicos nos frutos, além de apresentar propriedades fertilizantes e nematicidas.

Outro grupo de pesquisas em andamento envolve extratos e óleos essenciais: têm sido impulsionadas a partir das diferentes substâncias ativas provenientes do metabolismo das plantas, tendo em vista a diversidade de atividades biológicas. Os óleos essenciais são originados principalmente da cadeia aromática dos vegetais, apresentando as mais variadas funções (MORAIS, 2009; SOUTO; HARADA; MAIA, 2011; SILVA, 2014):

- ✓ Defesa química da planta contra a ação de predadores;
- ✓ Atração de polinizadores;
- ✓ Proteção contra insetos, fungos e bactérias;
- ✓ Hormônios de crescimento vegetal;
- ✓ Proteção contra herbívoros;
- ✓ Antimitóticos<sup>3</sup>;
- ✓ Germinação das sementes; e
- ✓ Inibição do crescimento da raiz.

Tem-se comprovado que o uso de moléculas químicas com ação fitossanitária tem causado contaminação do lençol freático e o acúmulo de metais pesados nos alimentos. Surgiu então, o aumento do interesse em diferentes estratégias para o desenvolvimento de compostos biodegradáveis (OOTANI et al., 2013).

O fato é que nos últimos anos, com as novas demandas de um consumidor mais consciente e exigente, associada ao aumento dos problemas da resistência de insetos a inseticidas organossintéticos, ressurgência e erupção de pragas, além dos problemas advindos do uso contínuo de inseticidas organossintéticos sobre inimigos naturais, meio ambiente e homem, aumentou-se o interesse por

---

<sup>3</sup> Um inibidor mitótico é uma droga que inibe a mitose, ou divisão celular. Essas drogas rompem os microtúbulos, que são estruturas que separam os cromossomos quando uma célula se divide.

medidas de controle alternativas. Adiciona-se ainda o rápido aumento do custo de síntese de novos produtos e a crescente dificuldade de se descobrir novas classes de compostos com ação inseticida (GHAG; GANAPATHI, 2018; SOUZA, 2022; 2023).

O crescimento das práticas agroecológicas alternativas representa uma resposta importante e positiva aos desafios associados ao uso intensivo de agrotóxicos na agricultura. Essas práticas buscam promover sistemas agrícolas mais sustentáveis, saudáveis e socialmente justos, ao mesmo tempo em que reduzem a dependência de produtos químicos sintéticos. Alguns dos principais benefícios e características das práticas agroecológicas alternativas (ALTIERI; NICHOLLS, 2021; SOUZA, 2022; 2023):

- ✓ Redução do uso de agrotóxicos: uma das principais vantagens das práticas agroecológicas é a minimização ou eliminação do uso de pesticidas químicos, herbicidas e fertilizantes sintéticos. Isso ajuda a reduzir a poluição ambiental e a exposição de agricultores e consumidores a substâncias tóxicas.

- ✓ Preservação da biodiversidade: os sistemas agroecológicos geralmente promovem a diversificação de culturas e a integração de cultivos e animais. Isso contribui para a preservação da biodiversidade, incluindo a promoção de insetos benéficos e a conservação de espécies ameaçadas.

- ✓ Melhora da qualidade do solo: práticas como a rotação de culturas, o cultivo mínimo e a adição de matéria orgânica melhoram a saúde e a fertilidade do solo, reduzindo a erosão e a degradação do solo.

- ✓ Resiliência a eventos climáticos extremos: sistemas agroecológicos são frequentemente mais resilientes a eventos climáticos extremos, como secas e inundações, devido à diversificação de culturas e à capacidade de retenção de água no solo.

- ✓ Produção de alimentos mais saudáveis: a agricultura agroecológica tende a resultar em alimentos mais saudáveis, com menores teores de resíduos de pesticidas e maiores concentrações de nutrientes.

- ✓ Apoio à agricultura familiar e local: práticas agroecológicas geralmente se encaixam melhor nas escalas menores e na agricultura familiar, promovendo sistemas mais sustentáveis e apoiando as comunidades rurais.

✓ Menor dependência de insumos externos: os agricultores que adotam práticas agroecológicas frequentemente dependem menos de insumos externos caros, tais como sementes geneticamente modificadas e fertilizantes químicos, o que pode melhorar sua autonomia e economia.

✓ Promoção da justiça social: a agroecologia valoriza os princípios da equidade, cooperação e justiça social, promovendo sistemas alimentares mais justos para agricultores e consumidores.

✓ Sustentabilidade em longo prazo: as práticas agroecológicas são projetadas para serem sustentáveis em longo prazo, reduzindo o esgotamento dos recursos naturais e a degradação do meio ambiente.

O crescimento das práticas agroecológicas é um passo positivo em direção a sistemas alimentares mais sustentáveis, saudáveis e equitativos. No entanto, sua adoção em larga escala pode exigir apoio governamental, políticas agrícolas favoráveis e conscientização pública sobre os benefícios dessas abordagens alternativas.

## **7. Considerações**

A biosfera possui um mecanismo de regulação intrínseca, que é capaz de manter a saúde do planeta, controlando as condições químicas e físicas por intermédio da reciclagem de nutrientes. A vida é um fenômeno complexo, compreendido e estudado por diversas disciplinas científicas. Ela se enquadra na categoria de sistemas abertos e contínuos, capazes de reduzir o caos interno, aproveitando recursos e energia do ambiente e, posteriormente, devolvendo-os na forma de substâncias decompostas.

Nas últimas décadas, tem-se observado mudanças significativas nos principais ciclos geoquímicos do planeta. O aumento do dióxido de carbono na atmosfera, a redução das áreas de plataformas continentais e terras úmidas, bem como a destruição das florestas tropicais, têm impactado negativamente o equilíbrio do nosso planeta. A agricultura ineficiente e as queimadas contribuem para a emissão de quantidades substanciais de gases, superando as emissões da indústria e do aumento do nível do mar. Isso coloca em risco a capacidade autorreguladora e de purificação da Terra.

Nos últimos anos, a população humana atingiu números que representam uma proporção significativa da biomassa total. O comportamento das espécies é moldado por estratégias de adaptação que visam aperfeiçoar a reprodução. Essas adaptações ao longo do tempo resultaram na diversidade de vida que se vê nos dias atuais em nosso planeta.

Também é importante reconhecer que várias funções ambientais têm implicações econômicas. A negligência e a exploração excessiva causaram desequilíbrios que resultaram em externalidades impactos ambientais negativos que afetam o desenvolvimento econômico. O Brasil desempenha um papel significativo nesse cenário, contribuindo para a degradação de seus recursos naturais e do meio ambiente, frequentemente justificada em nome do desenvolvimento.

Testemunham-se, nos dias atuais, o surgimento de um novo tipo de consumidor, mais consciente das questões socioambientais que estão moldando o mercado. Nesse cenário, torna-se necessário que os sistemas de produção adotem princípios de sustentabilidade socioambiental. Isso significa considerar não apenas as implicações sociais do trabalho, mas também a utilização de tecnologias de baixo impacto ambiental e que estejam alinhadas com a saúde humana.

Essa mudança de paradigma é essencial para garantir um futuro mais equilibrado, onde o progresso econômico ocorra em harmonia com a conservação do meio ambiente e a promoção do bem-estar social. O objetivo é alcançar uma harmonia mais completa entre a humanidade e a natureza, onde o desenvolvimento sustentável seja a pedra angular de nossas atividades.

Nesse contexto, a agroecologia desempenha um papel de extrema relevância. A agroecologia é uma abordagem que busca a integração de práticas agrícolas sustentáveis, respeitando os ciclos naturais, promovendo a biodiversidade, reduzindo o uso de agroquímicos e valorizando o conhecimento local. Ela não apenas contribui para a produção de alimentos saudáveis e a conservação dos recursos naturais, mas também fortalece as comunidades rurais, promovendo a justiça social e econômica.



Nesse contexto mais amplo, a agroecologia é um exemplo concreto de como se podem reformular nossos sistemas de produção para atender às demandas de um mundo mais consciente e preocupado com a sustentabilidade. Ao adotar princípios agroecológicos, podem-se criar sistemas alimentares mais resilientes, equitativos e ambientalmente responsáveis, contribuindo para uma harmonização mais completa entre a humanidade e a natureza e, assim, garantindo um futuro mais promissor para as próximas gerações.

## 8. Referências

ALPÍZAR, D.; FALLAS, M.; OEHLISCHLAGER, A. C.; GONZALEZ, L. M. Management of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* in Banana by Pheromone-Based Mass Trapping. **Journal of Chemical Ecology**, v. 38, n. 4, p. 245-252, 2012. Acesso em: 12 set. 2022.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, n. 74, p. 19-31, 1999.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Biodiversity and pest management in agroecosystems. CRC Press. 2004.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19. **Desenvolvimento e Meio ambientes**, n. 57, p. 245-257, 2021.

ALVES, T. P. **Avaliação da incidência e severidade de Sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicola*, Leach) e infestação do Moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*) em variedades de banana da Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. 2016.** Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2016, 43 p.

AMARAL, E. A. **Avaliação de impactos ambientais em uma área de preservação permanente no bairro Céu Azul, Patos de Minas-MG, Minas Gerais. 2013.**

ASSAD, E. D.; CUNHA, G. R. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Universidade Federal de Fitotecnia, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.

BANCO MUNDIAL **Relatório sobre o desenvolvimento mundial: luta contra a pobreza, 2000/2001.** 235 p.

BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Avaliação e perícia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.17-75.

BATISTA FILHO, A.; HOJO, H.; LEITE, L. G.; RAGA, A.; SATO, M. E.; ALMEIDA, J. E. M.; TAKADA, H. M. **Tecnologia Sustentável: Controle biológico de brocas da bananeira**. 2016. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia\\_sustentavel/broca\\_bananeira.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia_sustentavel/broca_bananeira.pdf)> Acesso: 21 out. 2022.

BELLIA, V. **Introdução à economia do meio ambiente**. Brasília: IBAMA, 1996. 262p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ED. São Paulo: Bookman, 2012.

BROWN, L. R. A ilusão do progresso. In: BROWN, L. R. (Coord.) **Salve o planeta!: qualidade de vida**. São Paulo: Globo, 1990. p.15-31.

CALLISTER JUNIOR, W. D. **Materials science and engineering: an introduction**. New York: John Wiley & Sons, 2000. 589 p.

CAPORAL, F. R. **Superando a Revolução Verde: a transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. EMATER/RS-ASCAR. 2003.

CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. de (Orgs.). **Princípios e perspectivas da Agroecologia**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná – Educação a Distância, 2011.

CARNEIRO, F. F. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Fernando Ferreira Carneiro et al. Rio de Janeiro: EPSJV, Expressão Popular, São Paulo. 2015.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1981. 301p.

COUTINHO, H. L. C.; PEIXOTO, R. S.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O.; GUIMARÃES, C.; ROSADO, A. S. Early indicators of soil quality change for no-tillage systems in the Brazilian cerrados. In: WORLD CONGRESS OF CONSERVATION AGRICULTURE, 2003, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa, Federação Brasileira de Pantio Direto na Palha, 2003. CD-ROM.

DADOS MUNDIAIS **Crescimento da População**. Disponível em: <<https://www.dadosmundiais.com/america/brasil/crescimento-populacao.php>>. Acesso em: 02 set. 2023.

DAHLMAN, C. Os países em desenvolvimento e a Terceira Revolução Industrial. In: VELLOSO, J. P. R.; MARTINS, L. (Org.) **A nova ordem mundial em questão**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1993. p.233-278. (Fórum Nacional).

DIEGUES, A. C. Repensando e recriando as formas de apropriação comum dos espaços e recursos naturais. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p. 407-432.

DIVIGNEAUD, P. A Síntese ecológica: populações, comunidades e ecossistemas. Lisboa: **Socicultur**, 1974. 165p.

DOTTA, G.; VERDADE, L. M. "Trophic Categories in a Mammal Assemblage: Diversity in na Agricultural Landscape", in *Biota Neotropica* 7 (2), 2007. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/en/fullpaper?bn01207022007+en>. Acesso em: 15 dez. 2010.

DURIGAM, G. Análise comparativa do modo de dispersão das sementes das espécies de cerradão e de mata ciliar no município de Assis, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, 1989, Atibaia, SP. **Anais...** Atibaia, SP: 1989, 288 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Áreas cultivadas no Brasil e no mundo.** 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174066/1/4942.pdf>. Acesso em: 04 set. 2023.

FANCELLI, M.; MESQUITA, A. L. M.; QUEIROZ, J. S. Monitoramento e controle da broca-do-rizoma-da-bananeira pelo uso de armadilhas atrativas de pseudocaule. 57 **Embrapa Mandioca e Fruticultura Bahia-Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2016.

FANCELLI, M.; MILANEZ, J. M.; MESQUITA, A.L.M.; COSTA, A.C.F.; COSTA, J. N.M.; PAVARINI, R.; PAVARINI, G. P. P. Artrópodes: pragas da bananeira e controle. **Informe Agropecuário**, v.36, n.288, p.7-18, 2015.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2020. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2020.** Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO. Disponível em: <[www.fao.org/3/ca9692en/ca9692en.pdf](http://www.fao.org/3/ca9692en/ca9692en.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2023.

FERMINO, M. H.; KAMPF, A. N. Uso do solo Bom Jesus com condicionadores orgânicos como alternativa de substrato para plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1/2, p. 33-41, 2003.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira.** Fortaleza: Multigraf, 1998. 340 p.

FIGUEIREDO, A. D. et al. Eficácia de diferentes tipos de armadilhas na captura *Cosmopolites sordidus* (coleoptera: curculionidae) **Bol. Mus. Mun. Funchal**, Sup. nº. v. 14, p. 49-54, 2008.

GHAG, S. B.; GANAPATHI, T. R. Banana and Plantains: Improvement, Nutrition, and Health. In: MÉRILLON J. M., RAMAWAT K. (Eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry.* Springer, Cham, v. 1, p. 1-20, 2018.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. **Cadernos de Ciências e Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 61-70, 2000.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo natural.** São Paulo, SP: Cultrix, 1999. 358 p.

HURTUBIA, J. Ecología y Desarrollo: evolución y perspectivas del pensamiento ecológico. In: **Estilos de desarrollo y medio ambiente**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1980. p.234-248.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Flora**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2003.

IBF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **A indústria do carvão vegetal no Brasil** - Relatório. 2019. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br>. Acesso em: 04 set. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa populacional para 01/07/2005**: considerações. Brasília: IBGE, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 16 jan.2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tabela 289 - **Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto extrativo**. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=289>. Acesso em: 04 ago. 2006.

IEF – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Manual de normas de controle da intervenção em vegetação nativa e plantada do estado de Minas Gerais**, IEF. IEF: Belo Horizonte, 2006. 145 p.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS **Estudo técnico de apoio ao plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, 2005. 37p.

KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BARRADAS, A. M. F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L. A.; BORGIO, S. C. **Mapeamento e Quantificação do Reflorestamento no Estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto Florestal, 2000.

KUMAR, P. **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations**. 2010.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Alemanha: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, 1990. 343p.

LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Trad. Lúcia Mathilde Endlich Orth. Ed. Vozes, Petrópolis. 2008.

LETOURNEAU, D. K.; BOTHWELL, S. G. Comparison of Organic and Conventional Farms: Challenging Ecological Myths. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 430-438, 2008.

MESQUITA, A.L.M. Importância e Métodos de Controle do “Moleque” ou Broca-do-Rizoma-da-Bananeira, Fortaleza, CE: **EMBRAPA Agroindústria Tropical**, v.1, 6p., 2003.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

MOREIRA, B.A.M. et al. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, Vol. 28, No. 3, 472-477, 2005. Disponível em: <[https://www.academia.edu/3836633/Ferom%C3%B4nios\\_associados\\_aos\\_cole%C3%B3pteros\\_praga\\_de\\_produtos\\_armazenados](https://www.academia.edu/3836633/Ferom%C3%B4nios_associados_aos_cole%C3%B3pteros_praga_de_produtos_armazenados)> Acesso: 10 set. 2022.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1988.

OLIVEIRA, A. D. Considerações sobre a preservação das florestas tropicais. Viçosa: UFV, 1993. 37 p. (mimeografado).

OLIVEIRA, M. M. de.; MEDEIROS, M. A.; SILVA, R. L. da.; LUCAS, G. A. Desenvolvimento Sustentável nas Organizações como Oportunidade de Novos Negócios. **Revista Valore**, v. 1, n. 1, p. 42-66, dez, 2016.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fundo das Nações Unidas para a População**: o estado da população mundial. Relatório sobre o desenvolvimento humano, 2001. 388 p.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fundo de Nações Unidas para a População**: o estado da população mundial. Relatório Situação da População Mundial 2022. 134 p.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados**. Disponível em: <<https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/07/375751por.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2023.

ONU – UNITED NATIONS fund for population activities. **The state of the world population**, 2006. 345 p.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W.; RAMOS, A. C. C; BRITO, D. R.; SILVA, J. B.; CAJAZEIRA, J. P. Use of Essential Oils in Agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 162-174, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/DELL%20i3/Downloads/549-Texto%20do%20artigo-2046-1-10-20130702%20(4).pdf.> Acesso em: 20 out. 2022.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1989. 378p.

PERLIN, J. **História das florestas**: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização. Rio de Janeiro: Imago, 1992. 490 p.

POSTEL, S. **Last oasis**: facing water scarcity. W.W. Norton & Company, 1997. 239p. (The World Watch Environmental Alert series).

RAMOS, M. M.; PRUSKI, F.F. Subprojeto 4.3 – Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco. In: \_\_\_. **Projeto gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco**. Viçosa, MG: UFV; ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003. 190p. Relatório Final.

RAVEN, P.H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

REINIGER, L. R. S. WIZNIEWSKY, J. G.; KAUFMANN, M. P. **Princípios de agroecologia** [recurso eletrônico] – 1. ed. – Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB, 2017. 1 e-book.

RESENDE, M; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.169-199.

RICKLEFS, R. E. Estrutura das Comunidades. In: RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Ed. Huanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2010. p. 328-348.

RODRIGUES, I. et al. Diagnóstico dos Impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na margem do Rio Sanhauá e Paraíba. Centro Científico Conhecer – **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 5, n. 8, 2009.

RODRIGUEZ, R. D. G. **Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas**: Estudo de Caso da Bacia do Paracatu. Viçosa, MG: UFV/DEA, 2004, 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SCHETTINO, L. F.; REZENDE, J. L. P.; GONÇALVES, F. C.; MINETTI, L. J. Externalidades na área florestal. **Folha Florestal**, n.101, p.18-20, 2002.

SHIKI, S. Crítica ao modelo de desenvolvimento dominante nos cerrados e à transição agroecológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA (ENA), 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2003. p.17-24.

SILVA, C.B. **Avaliação do potencial biológico de óleos essenciais e extratos orgânicos de folhas de Indigofera suffruticosa**. 2014. 148 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SOUTO, R. N. P.; HARADA, A. Y.; MAIA, J. G. S. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper linneus* (piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* f Smith (Hymenoptera: formicidae), em laboratório. **Biota Amazônica**. Macapá, v. 1, n. 1, p. 42-48, 2011.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N. Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 36-71. 2022. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c1>

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SOUZA, M. N. **Ecologia e Manejo de Ecossistemas**. Apostila da Disciplina Ecologia e Manejo de Ecossistemas do Curso Técnico em Meio Ambiente. Rio Pomba: CEFET, 2008. 185p. (Caderno Didático número 16).

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. Insecticide Resistance: Recent Trends and Outlooks. **Outlooks on Pest Management**, v. 26, n. 5, p. 174-177, 2015.

TIETENBERG, T; LEWIS, L. **Environmental and Natural Resource Economics**. 11ª edição, Pearson, 2017.

TRUGILHO, G. A. **Programa “Reflorestar” e intervenções conservacionistas e produtivas em propriedades rurais no sul do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre. 2023. 79 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2.ed., 2003. 248p.

UNICA – União da Indústria Canavieira. 2008. “Estatística de Produção de Açúcar no Brasil”. Disponível em <http://www.unica.com.br/dados/Cotacao/estatistica/>. Acesso em: setembro de 2023.

VAN LENTEREN, J. C.; BALE, J. S.; BIGLER, F.; HOKKANEN, H. M. T.; LOOMANS, A. J. M. Assessment of Risk in Classical Biological Control of Insects. **Annual Review of Entomology**, n. 51, p. 295-315, 2006.

## CAPÍTULO 4

---

### **Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas: sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES**

Marina Jordem Almança Possatti, Willian Moreira da Costa, Liliane Pastore Mendonça Rodrigues, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c4>

#### **Resumo**

A meliponicultura é a prática de criar abelhas nativas sem ferrão em um espaço designado como meliponário. Estas abelhas sem ferrão pertencem à tribo Meliponini e constituem um grupo de abelhas altamente sociais, que ao longo de sua evolução desenvolveram sociedades mais complexas, sendo consideradas abelhas eussociais, com o mais elevado nível de organização social entre todas as espécies de abelhas. A domesticação e manejo das abelhas nativas sem ferrão têm uma longa história, remontando aos registros da civilização Maia e, posteriormente, dos Guaranis, que as empregavam em rituais religiosos de cura, razão pela qual também são chamadas de abelhas indígenas. Essas abelhas desempenham um papel fundamental na preservação da biodiversidade, fornecendo serviços ecossistêmicos vitais, sendo responsáveis por cerca de 90% da polinização no bioma da Mata Atlântica e em cultivos agrícolas. Aproximadamente 75% dos alimentos consumidos pelos seres humanos dependem da polinização realizada por abelhas. A prática da meliponicultura envolve a criação das abelhas nativas em caixas de madeira, permitindo seu manejo e reprodução. Dentro das diversas atividades relacionadas a essa prática, a preservação das abelhas está intrinsecamente ligada a ações sustentáveis, que constituem o principal objetivo deste trabalho. Sustentabilidade se refere à habilidade de utilizar os recursos naturais do planeta de forma responsável, garantindo que esses recursos estejam disponíveis para as gerações futuras. Neste estudo, a busca pela sustentabilidade é alcançada por meio de ações que abrangem os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

**Palavras-chave:** Abelhas sem ferrão. Meliponicultura. Meliponário.



## 1. Introdução

A atividade de criação de abelhas tem experimentado um crescimento notável, especialmente entre os agricultores familiares, que a veem como uma fonte complementar de renda. Muitos deles se dedicam à Apicultura, que envolve a criação de abelhas com ferrão, como as espécies exóticas introduzidas no Brasil durante o período de colonização. Essas abelhas são conhecidas por produzir uma quantidade significativa de mel, caracterizado por seu sabor doce e uma umidade de cerca de 20% (CRANE, 1999).

A meliponicultura se refere à prática de criar abelhas nativas sem ferrão em espaços dedicados conhecidos como meliponários. Embora seja menos conhecida, essa atividade desempenha um papel de extrema relevância. Ela se concentra na criação das abelhas nativas pertencentes à tribo Meliponini, com raízes profundas na cultura brasileira. Estas abelhas desempenham um papel fundamental na polinização e na conservação da biodiversidade, ao mesmo tempo em que fornecem produtos como mel, própolis e cera, com valor tanto medicinal quanto cultural (KERR; ZUCCHI; NAKADAIRA, 1983).

As abelhas sem ferrão são nativas de regiões tropicais e subtropicais e, embora produzam uma quantidade menor de mel em comparação com as abelhas com ferrão, o mel que produzem é caracterizado por um sabor mais ácido e contém cerca de 30% de água, tornando-o valioso no mercado. Além da criação dessas abelhas, atividades relacionadas incluem a preservação e conservação das espécies, a educação ambiental, o manejo sustentável para a comercialização de colônias e a extração de produtos como mel, cera, própolis e geoprópolis para fins comerciais (DIÁRIO OFICIAL DO ESPÍRITO SANTO, 2019).

Assim, enquanto a Apicultura com abelhas com ferrão tem sua importância reconhecida, a Meliponicultura também desempenha um papel fundamental na agricultura sustentável e na manutenção da biodiversidade, destacando a riqueza da diversidade de abelhas e práticas apícolas no Brasil.

De acordo com as observações de Fonseca e Silva (2010), há um século, a população global era de aproximadamente dois bilhões de habitantes. Hoje, aproximadamente 7,8 bilhões de pessoas, todas dependentes de alimentos para sustentação. É fundamental reconhecer o papel essencial desempenhado pelas

abelhas na disponibilidade desses alimentos, por intermédio do serviço ecossistêmico crucial que é a polinização.

Conforme destacado por Souza (2020), a polinização é o processo de transferência dos grãos de pólen das estruturas masculinas das flores (anteras) para as estruturas femininas (estigma), um passo indispensável para a fecundação e formação de frutos e sementes. As abelhas desempenham um papel central como principais agentes polinizadores, contribuindo diretamente para cerca de 75% dos alimentos que compõem nossa dieta diária. Essa é uma razão fundamental para a preservação dessa espécie, pois nossa própria sobrevivência depende disso.

No entanto, é preocupante notar que esses agentes polinizadores estão enfrentando um declínio significativo devido a uma série de fatores. No Brasil, as atividades humanas têm impactado diretamente as populações de abelhas. Estão perdendo seus habitats naturais devido ao desmatamento, à ação de serrarias que removem árvores antigas, essenciais para as abelhas, ao uso prejudicial de agrotóxicos, às queimadas, à fragmentação de seus habitats e até mesmo à falta de recursos alimentares (SANTOS, 2010; COSTA; SOUZA, 2022).

Para abordar essa questão, o objetivo deste projeto é realizar a meliponicultura como uma atividade integrada a iniciativas de reflorestamento, visando promover a sustentabilidade na região de Muniz Freire, no Caparaó - ES.

## **2. Caracterização das abelhas nativas sem ferrão e conservação**

As abelhas nativas sem ferrão pertencem à classe Insecta, à ordem Hymenoptera, à família Apidae e à subfamília Apinae. Elas são conhecidas como meliponíneos e no Brasil, aproximadamente, existem cerca de 300 espécies conhecidas (ALVES, 2015; PEREIRA et al., 2017). Em nível global, acredita-se que as abelhas nativas sem ferrão compreendam cerca de 500 espécies distribuídas em 60 gêneros (ASCHER; PICKERING, 2019).

Essas abelhas são encontradas em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, com uma forte presença no Brasil, América do Sul e Central, África, sudoeste asiático e Austrália. Elas são classificadas como eussociais devido à

sociedade altamente organizada que formam, dividida em diferentes castas, onde cada indivíduo desempenha um papel vital para a sobrevivência da colônia (PEREIRA et al., 2017).

Os gêneros *Melipona* e *Trigona* são os mais diversos em termos de espécies, com colônias de *Melipona* geralmente variando de 500 a 4.000 indivíduos, enquanto *Trigona* pode variar de 300 a 80.000 indivíduos (FREITAS, 2003).

As abelhas nativas sem ferrão têm um tamanho corporal que varia de pequeno a médio, sendo geralmente robustas, medindo entre 1,8 a 13,5 mm (SILVEIRA et al., 2002). Elas são consideradas abelhas generalistas, forrageando em diversas espécies de flores. Apresentam a capacidade de explorar a polinização de determinadas plantas em momentos específicos, conhecido como seletividade floral, o que aumenta a eficiência da polinização e, conseqüentemente, a produção de frutos (SILVA, 2014).

As abelhas da tribo Meliponini são reconhecidas como as pioneiras no desenvolvimento do comportamento social, graças ao fenômeno da enxameação, que contribui para o distanciamento genético entre as populações próximas. Apesar de terem seus ferrões atrofiados, elas não são totalmente indefesas e, ao longo da evolução, desenvolveram diversas estratégias de defesa que variam de acordo com a espécie, ameaça e ambiente (FREITAS, 2003).

O ferrão atrofiado dessas abelhas, que não é funcional para ferroar, na verdade, evoluiu para um ovipositor, um tubo utilizado para a postura de ovos. Elas transportam o pólen coletado em estruturas conhecidas como "corbículas," localizadas nas patas traseiras (FREITAS, 2003).

Além de desempenharem um papel fundamental na polinização da flora, as abelhas nativas sem ferrão podem gerar renda por meio da exploração sustentável de seus subprodutos, como mel, própolis, cerume (uma combinação de cera e própolis) e até mesmo o pólen, que ganhou destaque na alta gastronomia devido ao seu sabor exótico (VILLAS-BÔAS, 2017; BARBIERI; FRANCOY, 2020).

Em 2021, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) lançou um catálogo que detalha a distribuição das abelhas nativas sem ferrão pelos estados brasileiros. No estado do Espírito Santo, foram identificadas 21 espécies até o momento, mas esse número pode aumentar com futuras atualizações (Tabela 1).

**Tabela 1.** Relação das espécies de abelhas Meliponini encontradas no estado do Espírito Santo

<b>Abelhas nativas sem ferrão</b>	
<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>
<i>Cephalotrigona capitata</i>	Mombucão
<i>Friesella schrottkyi</i>	Mirim-preguiça
<i>Frieseomelitta meadewaldo</i>	-
<i>Leurotrigona muelleri</i>	Lambe-olhos
<i>Melipona quadrifasciata</i>	Mandaçaia
<i>Melipona quinquefasciata</i>	Mandaçaia-do-chão
<i>Melipona bicolor</i>	Guaraipo
<i>Melipona fuliginosa</i>	Uruçu-boi
<i>Melipona marginata</i>	Manduri
<i>Melipona mondury</i>	Uruçu-amarela
<i>Melipona capixaba</i>	Uruçu-negra
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	Mandaguari
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	Guiruçu
<i>Tetragona clavipes</i>	Borá
<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	Iraí
<i>Paratrigona subnuda</i>	Jataí-da-terra
<i>Plebeia droryana</i>	Mirim-droriana
<i>Plebeia lucii</i>	Mirim-luci
<i>Plebeia poecilochroa</i>	-
<i>Plebeia remota</i>	Mirim-guaçu

Fonte: Catálogo Nacional de abelhas nativas sem ferrão, 2021.

Construir aberturas de entrada estreitas, posicionar abelhas sentinelas na entrada, criar entradas camufladas e obstruir as aberturas com cera ou resina quando se sentem ameaçadas, são algumas das estratégias de defesa empregadas por essas abelhas (FREITAS, 2003; ALVES, 2015).

Quanto à nidificação, as abelhas nativas sem ferrão podem estabelecer seus ninhos em uma variedade de locais, incluindo cavidades no solo, fendas em rochas, buracos em troncos de árvores e até mesmo em ninhos abandonados por formigas e cupins. Para a construção de células de cria e potes de armazenamento de néctar e pólen, essas abelhas utilizam uma mistura de própolis, cera e barro (FREITAS, 2003; SILVA, 2014).

As aberturas de entrada dos ninhos podem variar em arquitetura de acordo com os gêneros. No caso das abelhas do gênero *Melipona*, a entrada consiste em um orifício central construído com materiais vegetais e barro, enquanto as abelhas do gênero *Trigona* têm uma abertura na extremidade de um tubo feito de cerume (FREITAS, 2003).

Além de sua capacidade de gerar renda por meio da prática da meliponicultura, as abelhas Meliponini desempenham um papel vital na polinização de diversas espécies botânicas, tanto na flora silvestre quanto em culturas agrícolas (Figura 1). No entanto, atividades humanas têm causado impactos prejudiciais à fauna de abelhas, frequentemente levando à extinção local de populações.



**Figura 1.** Abelha *Trigona snipes* (Meliponini, Apidae) visitando as flores de margarida. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2022.

Fatores como o uso indiscriminado de pesticidas, o desmatamento que resulta na fragmentação de habitats, a intensificação das práticas agrícolas baseadas em monoculturas, a introdução de espécies invasoras ou exóticas que competem por recursos com as espécies nativas, juntamente com as mudanças climáticas, têm contribuído para esses impactos negativos nas populações de abelhas (GAZZONI, 2015).

É fundamental ampliar a conscientização da sociedade sobre a necessidade de adotar estratégias para a conservação das abelhas, a fim de tornar as ações mais eficazes. Diversas medidas podem ser implementadas para preservar a fauna de abelhas em uma determinada região, incluindo as seguintes, de acordo com Gazzoni (2015) e Campos et al. (2015):

- ✓ Preservar as áreas verdes, como florestas, fragmentos florestais, capoeiras e áreas em recuperação, uma vez que esses locais desempenham um papel essencial para as abelhas. Além de fornecerem recursos alimentares, essas áreas oferecem ambientes propícios para a construção de ninhos pelas abelhas;

- ✓ Promover a manutenção de plantas de crescimento espontâneo dentro e nas proximidades das áreas de cultivo. Essas plantas desempenham um papel fundamental na oferta de recursos alimentares para diversas espécies de abelhas, incluindo as abelhas nativas sem ferrão (Figura 2).

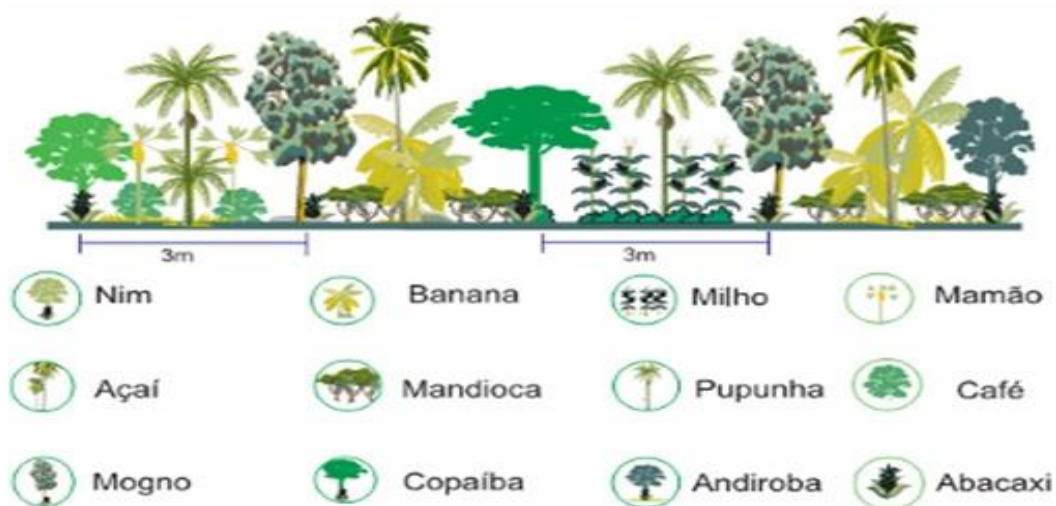


**Figura 2.** Abelha nativa sem ferrão (Meliponini, Apidae) coletando recursos em flores de *Thunbergia grandiflora*. Fonte: Acervo Willian Moreira da Costa, 2022.

✓ Conservar as plantas que crescem nas margens das estradas, nas bordas das áreas agrícolas e nas cercas verdes, já que desempenham um papel fundamental na oferta de recursos alimentares e na criação de habitats adequados para a nidificação das abelhas.

✓ Promover a diversificação das áreas de cultivo, aumentando a variedade de espécies cultivadas e evitando a extensiva monocultura. Grandes áreas de monocultura oferecem apenas uma ou duas floradas por ano, o que é desfavorável para a fauna de abelhas devido à limitada disponibilidade de recursos alimentares (Figura 3).

✓ Evitar ou reduzir o uso de pesticidas, uma vez que esses produtos químicos afetam diretamente a biologia e ecologia das abelhas, podendo reduzir drasticamente ou até mesmo extinguir esses insetos nas áreas onde são aplicados.



**Figura 3.** Exemplo de área agroflorestal que apresenta diversificação entre culturas e interesse agrícola e espécies florestais. Fonte: REDE AGROECOLOGIA, 2010.

## 2. Breve histórico

Os primeiros assentamentos agrícolas surgiram aproximadamente 10.000 anos atrás na região da Síria Palestina. Na região andina, a prática da agricultura remonta a cerca de 6.000 anos antes do presente. No Brasil Central, o cultivo inicial de milho, cabaças e leguminosas não ocorreu antes de 3.500 anos antes do presente (FELTRAN-BARBIERI, 2010).

Por outro lado, na Europa, a agricultura teve início por volta de 8,5 mil anos atrás. Alguns grupos tiveram sucesso na garantia da segurança alimentar

naquela época; mas, em geral, grande parte da população europeia sofreu com a fome e enfrentou dificuldades até que o domínio da produção agrícola fosse alcançado, o que ocorreu por volta do século XVIII (SANTOS; ARAÚJO, 2004).

Na Europa, de acordo com esses mesmos autores, durante o período do século XVIII ao XIX, ocorreu a Revolução Industrial, principalmente na Inglaterra, caracterizada pela substituição do trabalho artesanal pelo trabalho assalariado e o uso de máquinas.

A segunda revolução industrial, que ocorreu entre 1850 e 1900, expandiu-se pela Europa, Estados Unidos e África. Foi marcada pelo avanço tecnológico, desenvolvimento dos transportes, os primeiros direitos trabalhistas, uso de energia hidroelétrica e o uso de combustíveis fósseis (SANTOS; ARAÚJO, 2004).

A terceira revolução industrial, de 1900 a 1980, foi caracterizada pela formação de multinacionais e automação dos processos. A quarta revolução industrial teve início a partir de 1980, caracterizada pelo uso intensivo da informática, aumento da produção e avanços na tecnologia robótica (*ibidem*).

Em paralelo à Revolução Industrial, surgiu a Revolução Agrícola por volta de 1940, chegando ao Brasil a partir de 1960. Essa revolução se caracterizou pela disseminação de novas tecnologias na agricultura para aumentar a produtividade.

Essa modernização agrícola ficou conhecida como Revolução Verde e ganhou destaque devido aos pacotes tecnológicos implementados. Eles tinham como objetivo maximizar os rendimentos das colheitas, mas não consideravam necessariamente princípios ecológicos, pois visavam principalmente o aumento em larga escala da produção (SOUZA, 2022).

Essa abordagem teve impactos ambientais significativos, incluindo a redução dos recursos naturais, desmatamento, ameaça à fauna e flora, e contaminação dos ecossistemas e agrossistemas devido ao uso intensivo de fungicidas, pesticidas e outros produtos químicos (ANDRADE; GANIMI, 2007; SOUZA, 2022).

Nos anos da década de 1950, ocorreu a contaminação nuclear devido à Segunda Guerra Mundial. Entre 1945 e 1962, os países com armas nucleares



realizaram cerca de 423 testes nucleares. A chuva radioativa resultante desses testes afetou áreas a milhares de quilômetros de distância, provocando debates intensos na comunidade científica (NASCIMENTO, 2012).

Em 1960, foi fundado o Clube de Roma, uma associação de clubes políticos e empresários preocupados com questões globais. Em 1968, a UNESCO propôs uma conferência intergovernamental sobre o Uso Racional e a Conservação da Biosfera (PEREIRA, 2012).

O relatório "Limites para o Crescimento" do Clube de Roma foi publicado em 1972, destacando criticamente o modelo insustentável de produção e consumo (PEREIRA, 2012). Também, nos anos da década de 1970, ocorreu a Conferência de Estocolmo, que reuniu países desenvolvidos e em desenvolvimento para discutir questões ambientais da época, como chuva ácida e poluição da água, e buscar soluções para reduzir esses problemas.

Em 1973, o termo "Ecodesenvolvimento" foi introduzido, enfatizando a importância da educação, preservação dos recursos naturais e atendimento das necessidades básicas, conforme proposto por Ignacy Sachs (PEREIRA, 2012). Posteriormente, em 1974 e 1975, a Declaração de Cocoyok resultou em um relatório crítico à sociedade industrial e ao excesso associado a esse modelo.

Em 1983, a Comissão de Brundtland foi estabelecida para revisar os problemas ambientais existentes e propor novas abordagens e soluções. No entanto, em 1986, o desastre de Chernobyl chamou a atenção global para os perigos iminentes de desastres nucleares. Em 1989, a Conferência das Nações Unidas deu origem à Rio-92, realizada em 1992, resultando na criação da Convenção da Biodiversidade e da Convenção sobre Mudanças Climáticas, que posteriormente levou ao Protocolo de Kyoto (SOUZA, 2022).

O ano de 1992 ficou marcado por um encontro global de grande relevância, conhecido como Rio-92 ou Eco-92, também chamado de Cúpula da Terra. Nesse evento, representantes de diversos países se reuniram para discutir o tema do Desenvolvimento Sustentável, resultando na criação de uma agenda amplamente reconhecida, chamada Agenda 21 (SOUZA; FONSECA, 2023).

Conforme destacado por Nascimento (2012), o Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem

comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades.

Para Pereira (2012), o paradigma central do Desenvolvimento Sustentável visa promover um desenvolvimento que efetivamente proporcione bem-estar, justiça, cidadania e qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Um marco importante ocorreu em 2000 com a aprovação da Carta da Terra, baseada em princípios que serviram como um código ético global. Isso levou à criação de Indicadores de Responsabilidade Social Empresarial (RSE) e, posteriormente, aos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável em 2004 (SOUZA; FONSECA, 2023).

A Agenda 21 brasileira, elaborada em 2002, é um documento destinado a integrar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável no Brasil. A construção dessa Agenda 21 envolveu um processo de planejamento participativo, visando analisar a situação atual do país, identificar potencialidades e fragilidades e visualizar o desenvolvimento futuro de forma sustentável, conforme destacado por Junior, Malheiros e Coutinho (2008).

A Agenda 2030, criada em 2015, estabeleceu metas a serem alcançadas por todos os países até 2030. Um dos objetivos é "empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente de idade, sexo, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outras características", como mencionado por Furtado (2018).

Essa agenda global, desenvolvida pela ONU em prol do desenvolvimento sustentável, conta com cerca de 169 metas e 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 4).

Esses ODS abrangem áreas como erradicação da pobreza, segurança alimentar, saúde de qualidade, educação de qualidade, igualdade de gênero, água limpa e saneamento, energias acessíveis e limpas, trabalho decente e crescimento econômico, indústria, inovação e infraestrutura, redução das desigualdades, cidades e comunidades sustentáveis, produção e consumo sustentáveis, ação climática, vida na água, vida terrestre, paz, justiça e instituições eficazes, além de parcerias para a implementação dos objetivos (AGENDA, 2030).



**Figura 4.** 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Fonte: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>.

É importante destacar que muitos municípios, como Vitória, capital do estado do Espírito Santo, têm buscado construir suas próprias agendas 21 em anos anteriores, o que é uma iniciativa relevante. No entanto, ainda há muito a ser feito em nível estadual, nacional e internacional, como ressaltado por Junior, Malheiros e Coutinho (2008).

### **3. Estudo de caso: meliponicultura e sustentabilidade no município de Muniz Freire, região do Caparaó, ES**

Muniz Freire é um município localizado no interior do estado do Espírito Santo, com uma população de 18.153 habitantes, de acordo com o Censo de 2022, sendo que 52,87% residem em áreas rurais. A maior parte da população, cerca de 58,35%, está envolvida em atividades agropecuárias. Segundo o IBGE (2017), quase 27,58% do Produto Interno Bruto (PIB) do município provém da agropecuária.

Geograficamente, Muniz Freire está situado a uma latitude Sul de 20° 27' 56" e longitude Oeste de 41° 24' 42" de Greenwich, na região do Caparaó, no sul do estado do Espírito Santo. Sua sede fica a 181 km da capital, Vitória. O município abrange uma área de 679,922 km<sup>2</sup> e faz divisa com os municípios de

Brejetuba, Alegre, Ibitirama, Conceição do Castelo, Castelo, Iúna e Ibatiba. Está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Itapemirim (IBGE, 2017).

Muniz Freire está localizado em uma região de Mata Atlântica e abriga remanescentes dessa vegetação, ocupando 23,3% de sua área total. Isso inclui 17,8% de mata nativa e 5,5% de mata nativa em estágio inicial de regeneração. O relevo varia de fortemente ondulado a montanhoso, com a maior parte das terras apresentando declividade média ou alta (IEMA, 2018) (Figura 5).



**Figura 5.** Localização do município de Muniz Freire, ES. Fonte: <https://mapasapp.com/brasil/espírito-santo/muniz-freire-es>.

De acordo com esse mesmo autor, os solos predominantes são classificados como Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo distrófico, com fertilidade natural variando de média a baixa. As altitudes no município variam de 320 a 1.640 metros acima do nível do mar, e Muniz Freire possui uma abundância de nascentes, pequenos córregos e algumas cachoeiras, tornando-o rico em belezas naturais.

A economia local é caracterizada pelo predomínio de pequenas propriedades, sendo que 77% dos estabelecimentos são de Agricultores Familiares. As principais atividades rurais incluem o cultivo de Café Arábica e Café Conilon, Olericultura, Pecuária de Leite e Corte, Fruticultura, Silvicultura e Agroindústria. Muniz Freire é uma região que valoriza sua herança agrícola e sua relação com a natureza (*ibidem*).

### 3.1. Estudo de caso: criação de abelhas sem ferrão

De acordo com a Lei 11077 de 2019, a prática da meliponicultura é permitida com o objetivo de preservação e conservação, que é o foco deste projeto. No meliponário, objeto deste estudo, são criadas de forma cuidadosa e sustentável sete espécies de abelhas pertencentes à tribo Meliponini (Tabela 2).

**Tabela 2.** Espécies de abelhas criadas em meliponário, localizado em Muniz Freire, região do Caparaó, ES

Nome científico	Nome popular
<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	Mandaçaia
<i>Melipona mondury</i>	Uruçu-amarela
<i>Melipona bicolor</i>	Guaraipo
<i>Melipona capixaba</i>	Uruçu-negra
<i>Plebeia remota</i>	Mirim-preguiça
<i>Plebeia lucii</i>	Mosquitinho
<i>Tetragonisca angustula</i>	Jataí

Fonte: Marina Jordem Almança Possatti, 2022.

### 3.2. Recuperação da área com plantio de mudas nativas

O estado do Espírito Santo, localizado na região sudeste do Brasil, abrange uma área territorial de aproximadamente 46.095 km<sup>2</sup>. Este estado é caracterizado pela presença do bioma Mata Atlântica, que se estende ao longo de sua costa leste, nordeste, sul e sudeste, abrangendo cerca de 17 estados em todo o território brasileiro (SOS Mata Atlântica, 2021).

A Mata Atlântica é reconhecida como um dos biomas mais ricos em biodiversidade, porém, também é um dos mais impactados pelas ações humanas, como desmatamentos, queimadas, expansões imobiliárias e monoculturas. Como resultado, resta apenas cerca de 8% de cobertura florestal original deste bioma no país, conforme dados da SOS Mata Atlântica em 2021.

No contexto do município de Muniz Freire, que faz parte da Região do Caparaó, localizado no sul do estado do Espírito Santo, observaram-se, de acordo com informações da SEAMA (2013), algumas mudanças na cobertura

vegetal. Entre 2007-2008 e 2012-2013, houve um aumento de 0,20% na cobertura de vegetação de macega, um aumento de 1% na área de Mata Nativa; porém, uma redução de 2,8% na categoria de pastagem. Além disso, ocorreu um aumento significativo no plantio de eucalipto, que dobrou em relação à produção de café.

A área de estudo específica está localizada na zona rural do município de Muniz Freire, conhecida como Ipê Peroba (Figura 6). Esta área possui aproximadamente 2.581,82m<sup>2</sup>, dos quais cerca de 1.800m<sup>2</sup> são dedicados à criação das abelhas nativas, plantio de mudas e outras atividades relacionadas.



**Figura 6.** Área de estudo, situado no município de Muniz Freire, região do Caparaó, Espírito Santo. Fonte: Acervo Marina Jordem Almança Possatti, 2022.

A recuperação de uma área degradada é um processo complexo que visa não apenas o reestabelecimento da vegetação, mas também a restauração de toda a estrutura ecológica da comunidade, com o objetivo de promover a plena recuperação do ambiente degradado (GOMEZ-APARICIO et al., 2004; TRENTIN et al., 2018).

Para alcançar esse objetivo, é essencial adotar abordagens ecológicas que considerem a interação de todos os elementos do ecossistema, incluindo solo, vegetação, fauna e microrganismos. A recuperação ambiental não se limita apenas à plantação de mudas, mas envolve a restauração de processos

naturais, como a ciclagem de nutrientes, a regulação do ciclo da água e a manutenção da biodiversidade (SOUZA, 2022).

Além disso, é fundamental levar em consideração a adaptação das espécies vegetais à área em recuperação, escolhendo plantas nativas que sejam adequadas às condições locais, promovendo assim a reintrodução de espécies autóctones e a reconstrução de habitats naturais.

A recuperação de áreas degradadas não apenas restaura a beleza cênica do ambiente, mas também desempenha um papel crucial na conservação da biodiversidade, na proteção dos recursos hídricos, na mitigação das mudanças climáticas e na promoção do bem-estar humano. Portanto, é um processo de extrema importância e que requer um planejamento cuidadoso e ação coordenada de diversos setores da sociedade (SOUZA; FONSECA, 2023).

A área do local a ser recuperado era um antigo pasto usado para criação de bovinos e cavalos e que vêm sendo recuperado com plantio de mudas de árvores nativas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Espécies botânicas plantadas na área do meliponário, localizado em Muniz Freire, região do Caparaó, Espírito Santo

Nome científico	Nome popular
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	Ipê-rosa
<i>Tabebuia alba</i>	Ipê-amarelo
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau-jacaré
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata-de-vaca
<i>Mimusops commersonii</i>	Abricó-da-praia
<i>Terminalia catappa</i>	Castanheira (chapéu-de-sol)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico-vermelho
<i>Tibouchina mutabilis</i>	Manacá-da-serra
<i>Cocos nucifera</i>	Coco-anão
<i>Citrus sinensis</i>	Laranja
<i>Citrus limonium</i>	Limão
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga
<i>Pouteria caimito</i>	Abiu
<i>Passiflora cincinnata</i>	Maracujá-do-mato

Fonte: Dados do autor (2022).

Há também a restauração ativa, que se caracteriza pelo plantio de forma direta e na introdução de sementes na área, o que estimula o processo de recuperação (DESIMONE, 2011; COUTINHO et al., 2019) (Figura 5).



**Figura 7.** Plantio de mudas de nativas na área a ser recuperada, situada no município de Muniz Freire, região do Caparaó, Espírito Santo. Fonte: Acervo Marina Jordem Almança Possatti, 2022.

O plantio de mudas é uma técnica amplamente empregada na restauração de áreas degradadas. Oferece às plantas uma maior chance de sobrevivência em comparação com outras técnicas, como a semeadura direta. Isso se deve ao fato de que as mudas são mais resistentes a fatores ambientais adversos, como a ação do vento, da chuva e a predação por insetos, como formigas (SILVA, 2014; SOUZA, 2022).

Além disso, a meliponicultura desempenha um papel fundamental na restauração e conservação ambiental em escalas maiores. Ela contribui para a presença abundante de polinizadores nativos, como as abelhas sem ferrão, que desempenham um papel vital na polinização de plantas nativas. Isso, por sua



vez, promove a reprodução dessas espécies vegetais e, conseqüentemente, contribui para a restauração da vegetação nativa em paisagens degradadas (ALBUQUERQUE et al., 2013; SOUZA, 2022).

Portanto, o uso combinado de técnicas de plantio de mudas e a prática da meliponicultura pode ser uma abordagem eficaz para restaurar e conservar ecossistemas degradados, contribuindo para a recuperação da biodiversidade e a promoção da sustentabilidade ambiental.

#### **4. Considerações**

O desenvolvimento de ações em conjunto com a meliponicultura desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, o que é um dos principais objetivos deste projeto, abrangendo seus três pilares fundamentais: ambiental, social e econômico.

No âmbito ambiental, o projeto está comprometido com a preservação das abelhas sem ferrão e com a restauração de áreas degradadas por meio do plantio de mudas. Ao manter e proteger as abelhas nativas contribui-se para a conservação da biodiversidade, uma vez que esses polinizadores desempenham um papel fundamental na manutenção dos ecossistemas naturais. Além disso, a restauração da vegetação nativa por meio do plantio de mudas é essencial para a recuperação de áreas prejudicadas pela ação humana, promovendo a regeneração ecológica.

No aspecto social, o projeto se destaca ao receber visitantes e compartilhar conhecimento sobre a criação de abelhas sem ferrão. Essa ação, não apenas educa as comunidades locais e visitantes sobre a importância das abelhas nativas, mas também promove a conscientização ambiental e a valorização da biodiversidade. Ao envolver a comunidade, estamos construindo uma base de apoio para a conservação desses polinizadores e para a restauração ambiental.

No que diz respeito ao pilar econômico, a meliponicultura desempenha um papel significativo. A comercialização dos produtos gerados a partir da criação de abelhas, como mel, própolis, cerume e até mesmo pólen, oferece oportunidades econômicas para a meliponicultura e outros membros da comunidade envolvidos no projeto. Essa atividade pode contribuir para a

geração de renda, o fortalecimento da economia local e a valorização dos produtos sustentáveis.

Portanto, o projeto aborda de forma abrangente e integrada os três pilares da sustentabilidade - ambiental, social e econômico - criando sinergias que beneficiam tanto o meio ambiente quanto a comunidade local.

## 5. Referências

AGENDA 2030. **Objetivos do desenvolvimento sustentável**: Transformando nosso mundo. 2015, 49p. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2022.

Agricultura e Meliponicultura. In: RIBEIRO, M. de F.; PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. de R.; MEIRELLES, R. N. **Agricultura Familiar depende da chuva no semiárido**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 333-362.

ALBUQUERQUE, P. M. et al. **Flores e Abelhas**: a interação da tíuba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) com suas fontes florais na Baixada Maranhense. São Luís: EDUFMA, 2013.

ALVES, D. A. **A importância da paisagem agrícola no serviço de polinização das abelhas**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, cap. 3, p. 32-43, 2015.

ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução verde a apropriação capitalista. **CES Revista Juiz de Fora**, v. 21, p. 43-56. 2007.

ASCHER, J. S.; PICKERING, J. **Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila)**. 2019. Disponível em: [https://scholar.google.com/scholar?hl=ptPT&as\\_sdt=0,5&cluster=10861599613270937375](https://scholar.google.com/scholar?hl=ptPT&as_sdt=0,5&cluster=10861599613270937375). Acesso em: 17 dez. 2022.

BARBIÉRI, C; FRANCOY, T. M. Modelo teórico para análise interdisciplinar de atividades humanas: A meliponicultura como atividade promotora da sustentabilidade. **Revista Ambiente & Sociedade**. v. 23, p. 1-22, 2020.

CAMPOS, M. J. O; PIZANO, M. A; NETO, J. C; MALASPINA, G. B. P; GOMIG, E. G; LEUNG, R; SOUZA, L; GIORDANO, L. C; VILLAS-BOAS, J. K; PRATA, E. M. B; FERREIRA, B; BROWN, T. E; FANG, H. S; SASAKI, D. L; SOUZA, E. S. S. **Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, cap. 15, p. 369-398, 2015.

CATÁLOGO NACIONAL DE ABELHAS-NATIVAS-SEM-FERRÃO. **Portaria nº 665, de 3 de novembro de 2021**. Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2021, 4p.

CIDADES E ESTADOS. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. **Muniz Freire**. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/muniz-freire.html>>. Acesso em: 07 set. 2023.

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. **Agenda 21 brasileira**: bases para discussão. Brasília, DF: MMA: PNUD, 2000.

COSTA, W. M. da; SOUZA, M. N. Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 127-151. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c4>

COUTINHO, P. R. O. S.; VALCARCEL, R.; RODRIGUES, P. J. F. P.; BRAGA, J. M. A. Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1307-1323, 2019.

CRANE, E. **The World History of Beekeeping and Honey Hunting**. 1999. Routledge.

DESIMONE, S. A. Balancing active and passive restoration in a nonchemical, research-based approach to coastal sage scrub restoration in Southern California. **Ecological Restoration**, v. 29, n. 1-2, p. 45-51, 2011.

DIÁRIO OFICIAL DO ESPÍRITO SANTO. **LEI ESTADUAL 11077/2019**. Disponível em: <https://ioes.dio.es.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/4633#/p:9/e:4633?find=leis>. Acesso em: 16 dez 2022.

FELTRAN-BARBIERI, R. Outro lado da fronteira agrícola: Breve história sobre o declínio da agricultura autóctone no cerrado. **Ambiente & Sociedade**. Campinas. n. 2, p. 331-345, 2010.

FONSECA, V. L. I.; SILVA, P. N. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59-62, 2010.

FRANCO, J. L. A. A primeira Conferência Brasileira de Proteção a Natureza e a questão da Identidade Nacional. **VARIA HISTÓRIA**, n. 26, p. 77-96, 2002.

FREITAS, B. M. **Meliponíneos – A vida das abelhas**. Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Zootecnia (Universidade Federal do Ceará). 2003, 9p.

FURTADO, N, F. Agenda 2030 e a Redução de desigualdade no Brasil: Análise da Meta 10.2. **ENAP**. p. 1-45. 2018.

GAZZONI, D. L. **Impacto da agricultura sobre a população e a diversidade de polinizadores, e formas de mitigação de seus efeitos**. In: Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, cap. 5, p. 54-73, 2015.

GOMEZ-APARICIO, L. et al. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications** **Tempe**, v. 14, n. 4, p. 1128-1138, 2004.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano de Manejo para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Toca da Onça de propriedade da Mineração Curimbaba Ltda.**, localizada parte no município de Lúna e parte no município de Muniz Freire, ES. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/FIGURAS/GRN/RPPN%20Toca%20da%20Onça%20-%20Plano%20de%20Manejo%20-%202019-compactado.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.

KERR, W. E.; ZUCCHI, R.; NAKADAIRA, J. T. **Abelhas do gênero Melipona**. 1983. Editora da Universidade de São Paulo.

LEITE, R. V. V. et al. O Despertar Para as Abelhas: Educação Ambiental e Contexto Escolar. In: III CONEDU - Congresso Nacional de Educação, 2016, Natal - RN. **Anais III... CONEDU**, v. 01, 2016.

MALHEIROS, T.F.; JUNIOR, T.F.; COUTINHO, S.M.V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde Soc. São Paulo**. v. 17, n. 1, p. 7-20, 2008.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da Sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.

PEREIRA, F. M.; SOUZA, B. A.; LOPES, M. T. R. **Criação de Abelhas Sem ferrão**. EMBRAPA MEIO-NORTE, 2017, 37p.

PEREIRA, R. R. Desenvolvimento sustentável: Paradigmas, conceitos, dimensões e estratégias. **Revista do TCU**. P.102-115. 2012.

Programa de Assistência Técnica e extensão Rural. Incaper, 2023. **Proater**. Disponível em: [https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Muniz\\_Freire.pdf](https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Muniz_Freire.pdf). Acesso em: 07 set. 2023.

REDE AGROECOLOGIA. **Exemplificação de esquema de Sistemas Agroflorestal**. (2010). Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/6778/img-1.png>. Acesso em: 17 dez. 2022.

SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. **Natureza on line**, v. 8, n. 3, p. 103-106, 2010.

SANTOS, L. S.; ARAÚJO, R. B. **A revolução industrial**. Cesadufs. p.1-24. 2004.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Atlas da Mata Atlântica do Espírito Santo**. Parte 04 - Cobertura Florestal – por municípios de I a L. p. 90-117. 2018.

SILVA, E.G. **Plantio de mudas e Semeadura direta de espécies nativas da Mata Atlântica em plantio com Eucalipto abandonado na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ.** 2014, 75p.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação.** Belo Horizonte, 1ª edição, 2002, 253 p.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Mata Atlântica – Conheça as nossas causas.** Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/>. Acesso em: 17 dez. 2022.

SOUZA, G. **Meliponicultura Básica para Iniciantes.** EX'S Launch. 2020, 226 p.

SOUZA, M. Ação da poluição nos sistemas ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 26-68. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c1>.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

TRENTIN, B. L.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.

VACARIN, P. R. O.; ZANELA, F. C. V. **Educação Ambiental e a difusão das abelhas nativas brasileiras e sem ferrão nas escolas municipais de Foz de Iguaçu:** Conhecer para preservar. ISIEPE. p. 242-245, 2018.

VILLAS-BÔAS, J. K. **As abelhas nativas e a experiência da meliponicultura.** In: VILLAS-BÔAS, A. et al. (Org.) XINGU: Histórias dos produtos da floresta. São Paulo. Instituto Socioambiental, p. 93-120, 2017.

---

## Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal

Mariana Rodrigues Almeida, Ana Cláudia Moreira Guerra, Verônica dos Santos Claudio Bispo, Guilherme Andrião Trugilho, Silvia Aline Bérغامo Xavier, Leonardo Marcondes Queiroz do Nascimento, Poliana Lemes Azevedo, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c5>

### Resumo

O aumento alarmante das taxas de desmatamento, aliado à prática inadequada de manejo do solo, tem sido uma das principais causas de problemas ambientais graves, tais como inundações severas, erosão intensa do solo, perda de biodiversidade e o aumento dos níveis de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Para enfrentar essa situação, diversas estratégias estão sendo adotadas visando a redução das emissões de GEE. Essas estratégias incluem iniciativas como reflorestamento, redução do uso de combustíveis fósseis e mudanças na gestão do solo. Uma abordagem promissora para atender à crescente demanda por produtos sustentáveis e, ao mesmo tempo, recuperar ecossistemas degradados, é a promoção da agricultura de baixa emissão de carbono (ABC). Os sistemas agroflorestais (SAFs) se destacam como uma maneira favorável de mitigar os impactos do manejo inadequado do solo. Eles desempenham um papel crucial no sequestro de carbono atmosférico, na melhoria da qualidade e fertilidade do solo e na obtenção de benefícios financeiros, por meio da redução dos custos com insumos externos. A combinação de espécies arbóreas com cultivos alimentares, conhecida como consórcio agroflorestal, facilita a ciclagem de nutrientes, aumenta a matéria orgânica no solo por meio da formação de serapilheira, amplia a diversidade de produtos obtidos na propriedade e reduz as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera - um fenômeno conhecido como "sequestro de carbono". É importante observar que o sequestro de carbono tem ganhado destaque como uma atividade financiada por governos e empresas por meio do crédito de carbono, visando mitigar os impactos das emissões de GEE. Além disso, programas de incentivo florestal também apoiam pequenos agricultores, fornecendo recursos para a produção de alimentos, a extração sustentável de madeira e o cultivo de plantas medicinais. Essas estratégias de fomento florestal têm se mostrado eficazes para atender à demanda por madeira de forma sustentável, fornecer assistência técnica aos pequenos agricultores, aumentar as áreas de florestas plantadas e contribuir para as taxas de sequestro de carbono.

**Palavras-chave:** Gases de efeito estufa. Políticas públicas. Agrofloresta. Sequestro de carbono. Fomento florestal.

## 1. Introdução

A intensificação do desmatamento e a redução dos tamanhos das florestas naturais em todo o mundo têm ocorrido como resultado de incêndios, corte de árvores para propósitos comerciais, devastação de terras principalmente para a atividade agropecuária (Figura 1).



**Figura 1.** Fogo provocado por práticas agropecuárias de vizinhança inadequadas, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

Ao longo da história, indivíduos têm sempre se beneficiados da remoção de árvores para usos diversos como fonte de energia, construções de habitações e tornar a terra disponível para a agricultura (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). Segundo Castro (2005), o comércio de madeira em países desenvolvidos tem sido uma atividade sustentável, embora o mesmo possa não ocorrer em países em desenvolvimento.

O fato é que a questão da sustentabilidade no comércio de madeira varia amplamente de país para país e depende de uma série de fatores, incluindo políticas governamentais, regulamentações, práticas industriais e conscientização ambiental. Em países desenvolvidos, como os da União Europeia, Estados Unidos, Canadá e alguns países nórdicos, houve esforços significativos para promover a sustentabilidade no comércio de madeira (COSTA, 2016).

De acordo com esse mesmo autor, esses países frequentemente implementaram regulamentações rigorosas, como o FSC (*Forest Stewardship*

*Council*) e o PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), para certificar que a madeira seja proveniente de fontes sustentáveis e que a extração de madeira seja conduzida de maneira ambientalmente responsável. Além disso, promovem práticas de manejo florestal sustentável e têm regras estritas contra a exploração ilegal de madeira.

Em países em desenvolvimento, a situação pode ser mais complexa devido a uma série de desafios, como governança fraca, falta de recursos, pressões econômicas e sociais, e demanda crescente por produtos de madeira. Como resultado, em alguns casos, a exploração não sustentável de recursos florestais e a exploração ilegal de madeira ainda podem ser problemas significativos (COSTA, 2012; FERREIRA-ALVES et al., 2023).

Nas florestas tropicais, o desmatamento tem aumentado a uma taxa crescente, atingido 50% de toda sua área florestal, dados de setembro de 2021, estimava-se que houvesse aproximadamente 1,6 bilhão de hectares de florestas tropicais em todo o mundo. A Amazônia brasileira abrange aproximadamente 4,2 milhões de quilômetros quadrados (ou cerca de 420 milhões de hectares) ([www.sosma.org.br](http://www.sosma.org.br), 2023).

Dos problemas relacionados com o desmatamento estão o esgotamento dos estoques de lenha, as graves inundações, a destruição acelerada do solo, a desertificação gradativa e a redução da biodiversidade e da produtividade primária da terra; entre outros problemas, o que tem gerado mais preocupação é o aquecimento global provocado pelo aumento dos gases de efeito estufa (SOUZA, 2003; GIBBS et al., 2015; ASNER; BROADBENT, 2017; SOUZA, 2023).

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima) conclui, entre os cenários estudados, que há mais de 50% de chance de a temperatura global atingir ou ultrapassar 1,5°C entre 2021 e 2040. Especificamente em um cenário de emissões extremamente altas, o mundo pode atingir esse limiar ainda mais cedo: até 2037. Em um cenário tão intensivo em carbono, a temperatura global poderia aumentar entre 3,3°C e 5,7°C até 2100. Para colocar essa projeção de aquecimento em perspectiva, a última vez que as temperaturas globais aumentaram 2,5°C em relação aos níveis pré-industriais foi há mais de três milhões de anos (IPCC, 2022; [www.sosma.org.br](http://www.sosma.org.br), 2023).



Apesar de alguns indícios positivos, como a desaceleração na taxa de crescimento anual das emissões de gases de efeito estufa (GEE), que passou de uma média de 2,1% ao ano entre 2000 e 2009 para 1,3% ao ano entre 2010 e 2019, o progresso global na mitigação das mudanças climáticas continua lamentavelmente aquém do necessário. Ao longo da última década, as emissões de GEE seguiram uma tendência constante de aumento, chegando a 59 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO<sub>2e</sub>) em 2019. Isso representa aproximadamente 12% a mais do que em 2010 e um aumento de 54% em comparação com os níveis de 1990 (IPCC, 2022)

As emissões brutas de CO<sub>2</sub> brasileiras, equivalentes ao Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*), passaram de 1,65 bilhão para 2,17 bilhões de toneladas entre 1990 e 2016, um aumento de 32%. Durante esse período, o Brasil emitiu um total de cerca de 60 bilhões tCO<sub>2</sub> (Observatório do Clima, 2016).

Estratégias relevantes para redução da emissão dos GEE consistem em (ASSAD et al., 2019):

➤ **Redução da queima de combustíveis fósseis:** isso envolve a transição para fontes de energia mais limpas e renováveis, como a energia solar, eólica e hidrelétrica, e a promoção da eficiência energética em setores como transporte, indústria e residências. Também pode incluir o uso de biocombustíveis e a implementação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CAC) em usinas de combustíveis fósseis.

➤ **Minimização de desmatamento e queimadas:** a preservação das florestas e a redução do desmatamento são essenciais para evitar a liberação de carbono armazenado nas árvores e no solo. Além disso, a prevenção de queimadas não controladas e a implementação de práticas agropecuárias sustentáveis podem reduzir as emissões associadas a incêndios florestais.

➤ **Manejo adequado do solo:** a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, como a agropecuária regenerativa, de conservação e a agrofloresta, podem ajudar a melhorar a qualidade do solo, reduzir a erosão e a degradação do solo e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência no uso de recursos.

➤ **Maximização das remoções de CO<sub>2</sub> (Sequestro de Carbono):** pode ser alcançado por meio de várias medidas, tais como o reflorestamento e a restauração de ecossistemas degradados, que aumentam a capacidade de armazenamento de carbono das paisagens. Também inclui práticas agropecuárias que promovem o sequestro de carbono no solo, como o plantio direto e a adição de matéria orgânica.

➤ **Eficiência energética e mudanças no comportamento:** além das tecnologias de energia limpa, a redução das emissões também pode ser alcançada por meio da promoção da eficiência energética em edifícios, transporte e indústria. Mudanças comportamentais, tais como o uso de transporte público, compartilhamento de veículos e redução do desperdício de energia, também desempenham um papel crucial.

➤ **Políticas e regulamentações:** governos e organizações internacionais desempenham um papel importante na promoção de políticas e regulamentações que incentivem a redução das emissões. Isso pode incluir a implementação de impostos sobre carbono, estabelecimento de metas de emissões e padrões de eficiência para veículos e indústrias, e a promoção de incentivos para energia renovável.

➤ **Pesquisa e desenvolvimento tecnológico:** investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão de carbono, tais como armazenamento de energia, energia renovável avançada e métodos de captura de carbono, é fundamental para acelerar a transição para uma economia de baixo carbono.

Ou seja, essas estratégias, redução da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gasolina, diesel, carvão mineral), minimização de desmatamento e queimadas, manejo adequado do solo e maximização das remoções de CO<sub>2</sub>, chamadas de “sequestro de carbono”, podem desempenhar um papel fundamental na redução das emissões de GEE e no combate às mudanças climáticas. Elas são parte de um esforço global para atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris e outras iniciativas internacionais para combater as mudanças climáticas (Figura 2).

Nesse sentido, propostas para reduzir as emissões líquidas de CO<sub>2</sub> podem ser analisadas por meio de alternativas de sistemas de uso da terra que possam amenizar a emissão antrópica de gases de efeito estufa (RODRIGUES et al., 2000; SOUZA, 2015). Considerando manejos que minimizem o desmatamento integrado ao sequestro de carbono, é possível citar os sistemas agroflorestais (SAFs) (SILVA; SOUZA, 2021).



**Figura 2.** Adaptação baseada em ecossistemas para proteger vidas e meios de subsistência. Fonte: Comissão Global de Adaptação, 2019.

Os SAFs são sistemas agrícolas que combinam árvores, culturas agrícolas e, ou, animais em uma mesma área. Esses sistemas são projetados de forma a aproveitar os benefícios tanto da agricultura quanto da silvicultura, ao mesmo tempo em que desempenham um papel importante na mitigação das mudanças climáticas, incluindo o sequestro de carbono. Tais agroecossistemas podem funcionar como bancos de estoque de carbono, recuperando CO<sub>2</sub> perdido por meio do desmatamento das florestas (SILVA et al., 2021) (Figura 3).

Além de gerar ganhos econômicos pelo aumento da produtividade e na diversificação de cultivo, como aqueles que têm sido adotados na cafeicultura regenerativa, esses sistemas apresentam uma série de benefícios relacionados à conservação do solo, da biodiversidade e da água, além do aumento da eficiência da adubação e a redução do número de operações agrícolas, o que

representa menor consumo de combustíveis fósseis, menos emissões de GEE e de uso de fertilizantes minerais (TELLES et al., 2021).



**Figura 3.** SAF da Fazenda Água Limpa - UnB Brasília, DF. Acervo Verônica Bispo, 2017.

## 2. Emissões de GEE

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm sido uma crescente preocupação mundial em relação às mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (GAYATHRI et al., 2021).

Os gases de efeito estufa (GEE) são conhecidos por sua capacidade de permitir a passagem da radiação solar de curtos comprimentos de onda, enquanto absorvem intensamente a radiação emitida pela Terra, que possui comprimentos de onda maiores. Esse fenômeno resulta no aquecimento da atmosfera. O aumento das concentrações desses gases na atmosfera, com destaque para o dióxido de carbono, tem consequências adversas, incluindo poluição do ar e mudanças climáticas. Essas mudanças têm impactos significativos na economia, na saúde global e na qualidade de vida, como documentado por Mikhaylov et al. (2020) e Schweitzer et al. (2021).

As principais atividades humanas que contribuem para o aumento de emissão de  $\text{CO}_2$  incluem usinas de energia, usinas têxteis, indústrias, queima de

gás natural, incineração de lixo em aterros, desmatamento, incêndios florestais, uso de agroquímicos e fertilizantes, urbanização, queima de madeira, queima de resíduos plásticos e queima de combustíveis fósseis (LEVIN, 2012; LISIN, 2020). Estima-se que, mundialmente, cerca de 23% das emissões antrópicas são oriundas da produção agropecuária e mudanças no uso da terra (IPCC, 2014).

De acordo com Manzatto et al. (2018), as emissões de GEE pela agropecuária no Brasil são cerca de 31% do total, oriundas sobretudo do desmatamento e do processo produtivo, como emissões de gás metano na pecuária e liberação de carbono pelas práticas de manejo do solo.

Segundo a SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima), cerca de 3,2% das emissões globais são emitidas pelo nosso país, ficando atrás apenas de China, EUA, Rússia e Índia. Cerca de 73% das emissões nacionais estão direta ou indiretamente ligadas ao setor agropecuário e a mudança de uso da terra. Em 2020, cerca de 46% das emissões brutas vieram da mudança de uso da terra (SEEG, 2021). A Tabela 1 mostra os valores das emissões totais por setor.

**Tabela 1.** Emissões de GEE no Brasil 2019 e 2020 (tCO<sub>2e</sub> – GWP-AR5)

SETORES	2019	%	2020	%	VARIAÇÃO 2019-2020
Agropecuária	562.987.702	29%	577.022.998	27	2,5%
Energia	412.466.747	21%	393.705.260	18	-4,5%
Processos Industriais	99.472.616	5%	99.964.389	5	0,5%
Resíduos	90.399.714	5%	92.047.812	4	1,8%
Mudança de Uso da Terra e Floresta	806.996.124	41%	997.923.296	46	23,7%
Total Emissões Brutas	1.972.322.903		2.160.663.775		9,5%
Total Emissões Líquidas	1.336.613.309		1.524.954.161		14,1%

Fonte: SEEG, 2021.

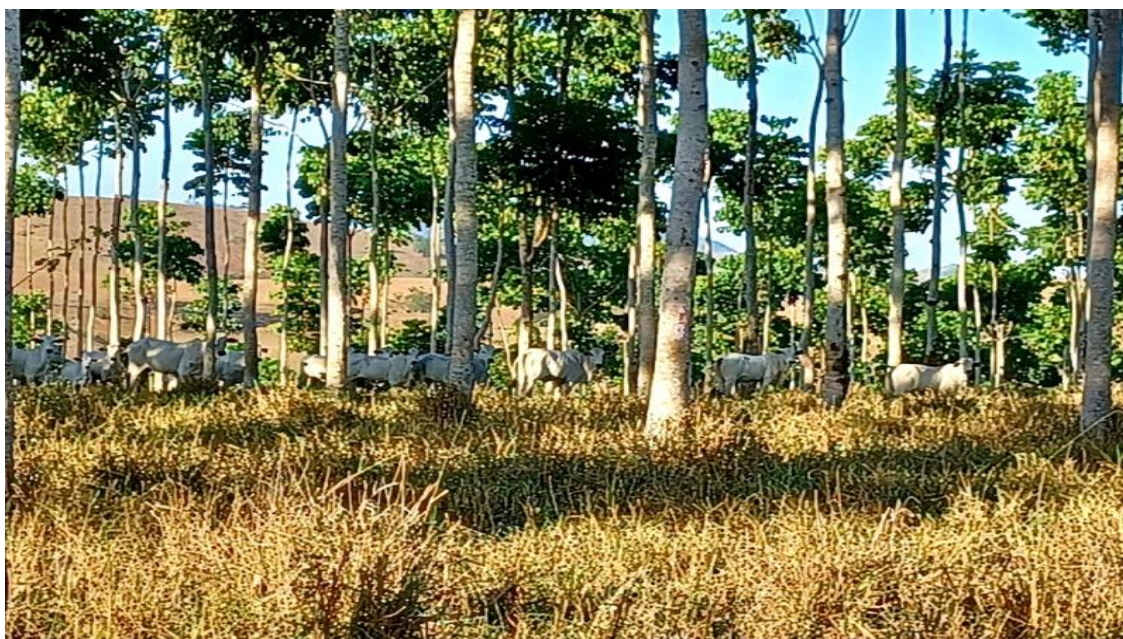
Os valores mostram que no ano de 2020 as emissões relacionadas ao setor de mudança de uso da terra e florestas aumentaram 5% em relação ao ano anterior. Segundo o relatório da SEEG (2021), a média de emissão de CO<sub>2</sub> por brasileiro foi de 10,2 toneladas brutas, contra 6,7 da média mundial. Diante desse cenário, é de suma importância aprimorar a pesquisa e a disponibilidade de

informações para desenvolver estratégias que promovam práticas agropecuárias capazes de reduzir os efeitos do efeito estufa.

A adoção de boas práticas agropecuárias para diminuir as emissões de GEE da agricultura como sistemas regenerativos de baixo carbono e sistemas integrados, como ILP, ILPF e SAFs, faz do Brasil um dos principais protagonistas da discussão mundial sobre o combate às mudanças climáticas (GURGEL; COSTA; SERIGATI, 2013).

### 3. Agricultura de baixa emissão de carbono

Mediante ao cenário de impactos ambientais e as alterações climáticas ocasionadas pelas emissões de GEE, alternativas têm sido desenvolvidas para uma produção agrícola mais sustentável (Figura 4).



**Figura 4.** Sistema silvipastoril no município de Mimosa do Sul, ES – agropecuária de baixo carbono. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Neste sentido, a agricultura de baixo carbono se apresenta como uma ferramenta capital para alcançar objetivos e metas planejados pelo setor agrônomo, sendo as tecnologias agrícolas sustentáveis um caminho promissor para a realização de planos voltados a esse modelo de produção agropecuário (VINHOLIS et al., 2020).

No Brasil, o conceito de uma agricultura de baixa emissão de carbono ganhou maior visibilidade quando o país assumiu compromissos de âmbito internacional na COP-15, em 2009, onde foram aprovados o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também conhecido como Plano ABC - Plano Brasileiro de Agricultura de Baixo Carbono (BRASIL, 2012).

O plano ABC inclui ações, indicadores e metas específicas para redução de emissões de GEE e visa facilitar a capacitação, melhorar a assistência técnica e fornecer crédito para os agricultores que decidem adotar práticas agrícolas de baixo carbono (MARTINS; ROMARCO; SOUZA, 2013; MARTINS; SOUZA, 2013).

As medidas contidas no Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) visam promover práticas agrícolas que ajudem a reduzir as emissões de gases de efeito estufa na produção agropecuária. Dentre as ações do Plano ABC, incluem-se (MARTINS; ROMARCO; SOUZA, 2013; MARTINS; SOUZA, 2013; SILVA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022):

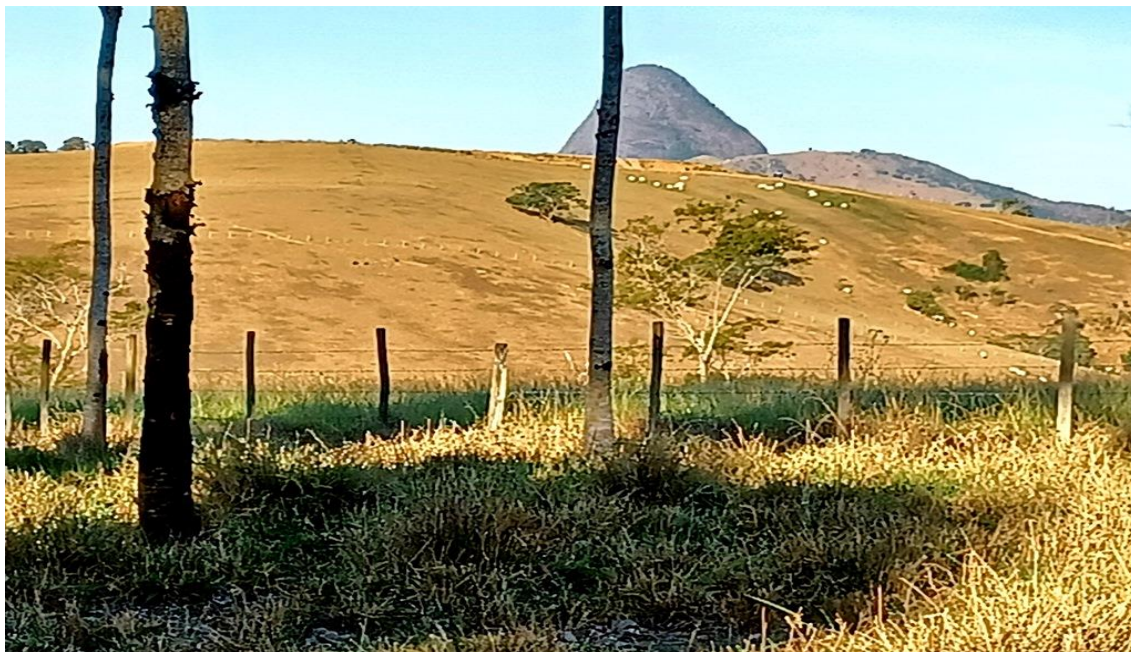
➤ **Recuperação de pastagens degradadas:** envolve a restauração de áreas de pastagem que perderam sua capacidade produtiva devido à degradação do solo e da vegetação. Pode ser feito por meio de práticas como a correção do solo, o plantio de forrageiras mais produtivas e a recuperação de áreas de preservação permanente.

➤ **Adoção de sistemas integrados (ILP e ILPF) e sistemas agroflorestais (SAFs):** os sistemas integrados, como a integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), combinam diferentes atividades agrícolas em uma mesma área, aproveitando sinergias e reduzindo a pressão sobre o solo. Os sistemas agroflorestais incorporam árvores, culturas agrícolas e, ou, animais para promover a sustentabilidade e o sequestro de carbono (Figura 5).

➤ **Adoção do sistema plantio direto (SPD):** o sistema plantio direto é uma técnica que envolve o plantio de culturas sem a preparação intensiva do

solo, o que ajuda a reduzir a erosão e a degradação do solo, além de conservar a umidade.

➤ **Difusão da fixação biológica de nitrogênio (FBN):** a fixação biológica de nitrogênio é uma estratégia que permite que plantas leguminosas, como feijão e soja, fixem o nitrogênio diretamente do ar com a ajuda de bactérias simbióticas. Isso reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos, que são uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa.



**Figura 5.** Sistema silvipastoril no município de Mimoso do Sul, ES – agropecuária de baixo carbono – ao fundo, pastagem solteira degradada. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

➤ **Expansão da área de florestas plantadas:** o aumento da área de florestas plantadas, especialmente com espécies de crescimento rápido, pode contribuir para o sequestro de carbono e fornecer madeira como matéria-prima renovável.

➤ **Tratamento de dejetos animais:** a gestão adequada dos dejetos de animais, como suínos e bovinos, pode reduzir a emissão de gases de efeito estufa, incluindo o metano. Isso pode ser feito por meio de tecnologias de tratamento anaeróbico, compostagem e uso de dejetos como fertilizantes (Figura 6).



Essas ações fazem parte de um esforço mais amplo para promover a agricultura de baixa emissão de carbono, reduzir a pegada ambiental da produção agropecuária e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

As políticas públicas e projetos que têm interface com metas dentro do contexto do Plano ABC podem ser exemplificadas por: Plano de ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm; Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado; Operação Arco Verde – OAV; Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – Prevfogo (MAPA, 2012); além do Projeto Integrado para a produção e o manejo sustentável do Bioma Amazônia – Fundo Amazônia; do Plano Nacional de Florestas Plantadas; do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg (MOREIRA, 2019).



**Figura 6.** Lagoa para tratamento da água residuária de suinocultura no Ifes campus de Alegre. Fonte: Acervo Otacílio José Passos Rangel, 2020.

#### ➤ **Sistemas Agroflorestais (SAF)**

Os princípios do SAF estão intimamente ligados à reprodução dos processos naturais. Assim, esse sistema envolve a utilização de árvores de espécies nativas que possuam raízes profundas e possam formar a camada

superior da floresta consorciada com árvores de crescimento rápido e culturas alimentícias (Figura 7).

Por exemplo, o café que quando consorciado com cítricas e bananeiras, tem um crescimento mais acelerado e vigoroso e a bananeira por sua vez, fica menos suscetível a doenças quando associada às espécies cítricas. Nesse sistema, a poda é fundamental e deve acontecer para que a luz do sol chegue até as menores espécies (GÖTSCH, 1996; SOUZA et al., 2020).

De acordo com análise feita por Irineu (2018), em quatro propriedades rurais que fizeram a transição de sistemas convencionais para sustentáveis, foi constatado que a produtividade aumentou com o manejo em SAF. O aumento da biodiversidade promoveu controle natural de pragas, reduzindo gastos com insumos externos e concluiu que o sistema promoveu equilíbrio entre solo e nutrientes, melhorando a fertilidade do solo e recuperação de áreas degradadas.



**Figura 7.** SAF com banana, café, eucalipto, *citrus* e espécies nativas. Acervo dos autores, 2023.

Os serviços de reflorestamento contribuem para a mitigação do efeito estufa por intermédio do armazenamento de gás carbônico e também

restabelecem diversos serviços ambientais, econômicos e sociais de grande importância para a sociedade.

Conforme May et al. (2005); Assad et al. (2019); e IPCC (2022), projetos florestais não podem estar sujeitos somente ao mercado de carbono como a principal fonte de retorno financeiro. Os sistemas florestais e agroflorestais de produção devem gerar renda suficiente para se tornarem economicamente viáveis, e a venda dos créditos de carbono entraria como uma renda adicional, apenas como um incentivo a mais para manter os reflorestamentos no longo prazo.

Em relação ao retorno financeiro, é importante destacar que a variabilidade pode ser significativa devido a uma série de fatores, como as diferentes combinações de espécies em SAFs, as práticas de manejo empregadas, o foco do sistema e o nível de conhecimento do produtor, entre outros. No entanto, de forma geral, os SAFs tendem a oferecer vantagens financeiras devido aos custos mais baixos de implantação e manutenção em comparação com monoculturas (ARAÚJO et al., 2015).

De acordo com esses mesmos autores, um exemplo disso pode ser observado no estado da Bahia, onde um estudo comparativo entre monoculturas de cacau/seringueira e um SAF consorciando essas duas espécies revelou a superioridade financeira deste último sistema em 32,83%. Isso sugere que a combinação de culturas em sistemas agroflorestais pode aumentar a eficiência econômica da agricultura, possivelmente devido ao melhor aproveitamento de recursos, diversificação de produtos e redução de riscos associados a eventos climáticos adversos ou problemas específicos de cultivo.

No entanto, é importante notar que os resultados financeiros podem variar amplamente dependendo das condições locais, das escolhas de manejo e das preferências do produtor. Além disso, os SAF podem proporcionar benefícios não apenas em termos de rendimento financeiro, mas também em aspectos como a resiliência do sistema agrícola, a conservação do solo, a biodiversidade e a segurança alimentar (SILVA et al., 2021).

Portanto, ao avaliar a adoção de sistemas agroflorestais, os agricultores devem considerar não apenas o retorno financeiro, mas também os benefícios

ambientais e sociais associados a esses sistemas, a fim de tomar decisões informadas e sustentáveis. Projetos de conservação ou de recuperação ambiental, por exemplo, devem tentar reproduzir na área desejada, uma situação que seja a mais próxima possível a de um ecossistema natural; ou seja, tentar reproduzir um modelo estável, para que este adquira resistência e resiliência, que lhes garantam a manutenção da sua capacidade produtiva e regenerativa, garantindo aos seus componentes uma condição de equilíbrio e sustentabilidade (SOUZA, 2023b).

Para isso, é necessário que os fluxos de energia dentro desse sistema sejam restabelecidos e mantidos, por meio do mecanismo de ciclagem de nutrientes que é processado com a participação, direta ou indireta, dos diversos organismos que compõem esse determinado ecossistema (SANTOS, 2004; SOUZA, 2022a; 2022b).



**Figura 8.** SAF com apenas quatro meses de implantação. Em primeiro plano: abacate, guapuruvu, banana e eucalipto. Ao fundo: adubação verde com gliricídia - Ifes Centro Serrano, Santa Maria de Jetibá, ES. Fonte: Acervo Verônica Bispo, 2023.

A implantação de um SAF pode aumentar a biodiversidade local, favorecendo o aumento da capacidade de suporte, em função do aumento da biomassa vegetal e da deposição de material orgânico, que favorecem a vida e a atividade microbiana (Figura 8). Além do mais, o SAF é um notável método de

fixação de carbono tanto na biomassa vegetal, como no solo, auxiliando na geração de serviços ambientais dentro do sistema (SILVA, 2013).

#### 4. Sequestro de carbono

O termo "sequestro de carbono" surgiu como consequência da real necessidade de redução de emissão de gás carbônico na atmosfera. O conceito de sequestro de carbono foi formulado pela conferência de Kyoto em 1997, com o objetivo de conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera e com a intenção de minimizar os impactos ambientais, referentes às mudanças climáticas quanto ao aquecimento global e a elevação dos gases de efeito estufa (JIN et al., 2020).

Sequestrar carbono tem como significado adotar medidas que visem a absorção do excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera, fixando-o, preferencialmente na forma orgânica. A fixação de carbono pode ser realizada por todos os seres fotossintetizantes (OHSE et al., 2007).

Existem dois tipos de sequestro de carbono: o direto e indireto. O sequestro de carbono direto é também conhecido como sequestro de carbono artificial ou geológico do carbono, resultante da separação e captura do CO<sub>2</sub> gerados em processos industriais e em processos relacionados à geração ou consumo de energia. No sequestro de carbono indireto, o CO<sub>2</sub> atmosférico é removido por processo natural, em que o CO<sub>2</sub> é absorvido pela fotossíntese e integrado no corpo da planta formando a biomassa do vegetal durante seu crescimento (WILBERFORCE et al., 2019) (Figuras 9 e 10).



**Figuras 9 e 10.** Projeto de recuperação apoiado pelo “Programa Reflorestar”: A) Área sob o cultivo de feijão em 2019; B) SAF em 2023. Fonte: Acervo Guilherme Trugilho, 2023.

As florestas plantadas desempenham um papel significativo na mitigação das mudanças climáticas, pois atuam como importantes aliadas no sequestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera. As áreas cobertas por florestas plantadas geralmente apresentam concentrações menores de CO<sub>2</sub> em comparação com áreas de baixa densidade vegetal. Esse fenômeno pode ser explicado pelo processo de fotossíntese que ocorre nas plantas presentes nessas florestas, onde o CO<sub>2</sub> atmosférico é absorvido e convertido em oxigênio e biomassa vegetal (GIZACHEW, 2016).

O sequestro de carbono por meio da fotossíntese é essencial para a redução das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo para limitar o aquecimento global e as mudanças climáticas. Além disso, florestas plantadas podem servir como estoques de carbono, armazenando carbono nas árvores, no solo e na biomassa, ajudando assim a remover CO<sub>2</sub> da atmosfera em longo prazo.

É importante notar que a gestão sustentável das florestas plantadas é fundamental para maximizar seus benefícios na mitigação das mudanças climáticas. Isso envolve a promoção de práticas de manejo que garantam a saúde das árvores, a qualidade do solo e a biodiversidade, ao mesmo tempo em que continuam a absorver e armazenar carbono de maneira eficiente (SOUZA et al., 2023).

Portanto, as florestas plantadas desempenham um papel importante no combate contra as mudanças climáticas, contribuindo para a redução das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera e fornecendo uma fonte sustentável de materiais à base de madeira.

Yu (2004) afirma que o sequestro florestal de carbono envolve uma dinâmica em que, de um lado, governos de países e, ou, empresas transnacionais com emissões significativas se comprometem a reduzir suas emissões, conforme estipulado pela Convenção do Clima. Para cumprir esses compromissos de redução, eles financiam projetos de sequestro de carbono, buscando obter créditos de carbono que lhes permitam compensar parte de suas emissões.

Por outro lado, de acordo com esse mesmo autor, existem empresas,

sociedade civil, Organizações Não Governamentais (ONGs) e governos de países em desenvolvimento interessados em hospedar esses projetos de sequestro de carbono. Têm o objetivo de atrair esses recursos financeiros para diversas finalidades, que podem incluir investimentos em conservação florestal, desenvolvimento sustentável e mitigação das mudanças climáticas.

Essa interação entre financiadores e hospedeiros de projetos de sequestro de carbono é parte do mercado de carbono e dos esforços globais para combater as mudanças climáticas. O financiamento de projetos de sequestro de carbono em países em desenvolvimento pode ser uma maneira importante de incentivar a preservação de florestas e o manejo sustentável do solo, contribuindo assim para a redução das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera (*ibidem*).

Para esse fim, tem-se adotado o instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que apresenta um potencial recurso financeiro aplicado pelo governo no âmbito municipal, capaz de auxiliar os proprietários rurais quanto ao cumprimento da legislação, além de contribuir para o aumento de áreas florestadas.

A dinâmica do Pagamento de Serviços Ambientais (PSAs) consegue influenciar na cadeia de produção e consumo, de maneira a contribuir com uma relação mais harmônica entre o meio ambiente e o sistema econômico, devido a internalização de questões de alocação e conservação do capital natural à máquina econômica (ARAKAKI, 2014).

Entretanto, faz-se necessário valorizar os serviços ambientais para que o pagamento pelo serviço possa acontecer. Como parte desse processo, a valoração do sequestro e estocagem de carbono na biomassa vegetal em sistemas agroflorestais é estratégica para tentar agregar possíveis ganhos adicional aos agricultores que possuem esses agroecossistemas.

#### **4.1. Sistema silvipastoril - SSP**

O sistema silvipastoril (SSP) integra, de forma permanente em um mesmo sistema, árvores e pastagens. O SSP auxilia na conservação dos solos e microbacias e, por ser multifuncional, possibilita diversificar a produção. Existem

algumas regras específicas a essa modalidade conforme descrito na Portaria nº 13, de 15 de junho de 2018 (ESPÍRITO SANTO, 2018).

O “Programa Reflorestar”<sup>4</sup> poderá apoiar, no máximo, a implantação de uma área de cinco hectares dessa modalidade, por projeto, via PSA de curto prazo para a aquisição dos insumos. Os arranjos de SSP deverão ser propostos de modo a incluir pelo menos 300 indivíduos arbóreos por hectare. Além disso, pelo menos 40% dos indivíduos propostos por hectare deverão ser de espécies não madeiráveis (ESPÍRITO SANTO, 2018; TRUGILHO, 2023).

Existem materiais na literatura indicados para auxiliar na elaboração de projetos de SSP, como a cartilha intitulada, “Arborização de Pastagens com Espécies Florestais Madeireiras: Implantação e Manejo”, elaborada pela Embrapa. No planejamento da área, pode-se adotar a recuperação da pastagem com retirada do gado ou o piqueteamento com a presença do gado e as mudas protegidas com cerca convencional ou elétrica (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009). As Figuras 11 e 12 demonstram exemplos de implantação nos dois modelos.



**Figuras 11 e 12.** Modelos de implantação de SSP. A) Remoção do gado do interior da área para o plantio de mudas. B) Cercamento no entorno das mudas para proteção com presença de gado na área. Fonte: Acervo Guilherme Trugilho, 2023.

<sup>4</sup> O Reflorestar é uma iniciativa coordenada pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e tem o Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) como agente técnico-financeiro, unindo reflorestamento, fonte de renda para os produtores rurais e a preservação de nascentes.



## 4.2. O fluxo de carbono

Nas últimas décadas, tem-se testemunhado um aumento significativo nas emissões e nas concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esse aumento está relacionado principalmente ao uso intensivo de combustíveis fósseis, ao desmatamento e às atividades agropecuárias, desequilibrando os ecossistemas e acelerando as mudanças climáticas globais. A implementação de medidas como o reflorestamento e a adoção de sistemas agroflorestais pode desempenhar um papel decisivo na redução desses problemas.

No entanto, é importante observar que, considerando a hipótese de um reflorestamento de 1,9 milhões de hectares por ano, o impacto desse esforço na mitigação das emissões de carbono seria relativamente pequeno (Figura 13). As plantações florestais podem capturar cerca de 12,4 milhões de toneladas de carbono por ano, o que é insignificante quando comparado as 282 milhões de toneladas de carbono por ano gerado pelo desmatamento nos mesmos países. Para atender às necessidades de mitigação, seria necessário um esforço muito maior, com o plantio de aproximadamente 12 milhões de hectares por ano, conforme sugerido por Souza (2018).



**Figura 13.** Floresta em estágio avançado de regeneração, passível de enquadramento na modalidade FPE (Floresta em pé) pelo “Programa Reflorestar”. Fonte: Acervo Guilherme Trugilho, 2023.

Conforme mencionado por esse mesmo autor, as florestas tropicais úmidas têm uma produtividade primária elevada e contribuem significativamente para o

ciclo global de carbono, principalmente devido à atividade microbiana do solo. Por outro lado, as florestas tropicais secas têm uma circulação de carbono mais baixa, mas podem armazenar grandes quantidades de carbono orgânico no solo, especialmente em profundidades abaixo de 1 metro. As mudanças climáticas estão causando perturbações nos ciclos biogeoquímicos, em parte devido ao desmatamento descontrolado.

Em resumo, o reflorestamento e a implementação de práticas de uso sustentável da terra são importantes para mitigar as mudanças climáticas, mas para alcançar um impacto significativo, é necessário um esforço de grande escala e uma abordagem multifacetada que inclua a redução do desmatamento e a promoção da conservação florestal em conjunto com o reflorestamento e a restauração de ecossistemas.

## **5. Fomento florestal**

Conforme a definição da FAO (2015), florestas plantadas são áreas predominantemente compostas por árvores, que podem ser de espécies nativas ou exóticas, sendo estabelecidas por meio de plantio ou semeadura intencional. No contexto brasileiro, o país representa 2,67% do total das plantações florestais globais; no período de 1990 a 2010, expandiu sua área a uma taxa média anual de 1,8%, ligeiramente abaixo da média mundial de 2,1%. Entretanto, é importante notar que, no Brasil, as plantações florestais tiveram o segundo menor aumento em ocupação entre os anos de 1970 e 2006, superando apenas as áreas de pastagens nativas, que experimentaram uma redução em sua extensão.

Existem evidências sólidas que sustentam a conexão entre florestas plantadas e a prestação de serviços e benefícios ambientais, integrados em uma paisagem multifuncional. A conversão da vegetação natural em pastagens resulta em uma redução significativa na capacidade de fornecimento de serviços ambientais. Por outro lado, a conversão de pastagens em plantações florestais tende a aumentar a prestação de diversos serviços ambientais (OLIVEIRA et al., 2017a).

No Brasil, em 2014, aproximadamente 17,8 mil famílias foram beneficiadas

por programas de estímulo ao plantio florestal, muitas delas empregando sistemas agroflorestais (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015).

Os programas de incentivo ao plantio florestal são iniciativas que estabelecem parcerias entre empresas da indústria de base florestal, e pequenos e médios agricultores. Seu objetivo primordial é integrar esses agricultores à cadeia produtiva do setor de árvores plantadas, oferecendo apoio para o cultivo de espécies como eucalipto e pinus, principalmente destinadas a usos industriais.

A essência do fomento florestal é fornecer assistência técnica e orientação aos produtores rurais, de acordo com as necessidades específicas de cada um. Isso pode envolver o cultivo de árvores de madeira de forma integrada com outras atividades agrícolas, como lavoura, pecuária, produção de mel, ou até mesmo a diversificação por meio do plantio de diferentes espécies florestais.

Esses programas visam não apenas promover a geração de renda para os agricultores, mas também garantir a sustentabilidade ambiental, incentivando práticas de manejo responsáveis que contribuam para a preservação dos ecossistemas locais. Eles representam uma importante estratégia para o desenvolvimento sustentável, unindo os interesses dos agricultores com as necessidades da indústria florestal e a conservação dos recursos naturais.

De acordo com Gomes (2022), o Instituto Estadual de Florestas (IEF), ao longo de seus 60 anos de existência, desempenha um papel crucial na conservação e recuperação de ecossistemas por meio do Programa de Fomento Florestal, que visa promover o desenvolvimento florestal sustentável através de três modalidades distintas: Fomento Florestal Ambiental, Fomento Florestal Socioambiental e Fomento Florestal Social.

De acordo com essa mesma autora em 2022, o IEF celebrou seis décadas de seu programa de fomento florestal. No período de 2019 a 2021, por meio das modalidades de Fomento Ambiental e Socioambiental, foram realizados esforços significativos de restauração e conservação, cobrindo uma área total de 5.709,84 hectares. Essa área foi distribuída da seguinte forma: 3.535,70 hectares em 2019, 408,19 hectares em 2020 e 1.765,95 hectares em 2021.

Além de coordenar iniciativas de conservação e restauração ambiental em

colaboração com diversos parceiros, como órgãos públicos, organizações do terceiro setor e agricultores, o IEF também oferece assistência técnica por meio de suas Unidades Regionais de Florestas e Biodiversidade (URFBio). Essa assistência engloba orientações na implementação de projetos de restauração, disponibilização de mudas de espécies nativas, frutíferas e exóticas, além de outros recursos, com o objetivo de auxiliar os agricultores interessados na recuperação e regularização de áreas em suas propriedades (GOMES, 2022).

De acordo com essa mesma autora, durante os anos de 2019 a 2021, um total de 1.021.299 mudas foram produzidas, com 206.413 mudas em 2019, 400.897 em 2020 e 413.989 em 2021. A diretora-geral do IEF, Maria Amélia Mattos Lins, destacou que a restauração de ecossistemas por meio do fomento florestal é uma das principais ações para mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Aqui estão detalhadas as modalidades dos programas de fomento (GOMES, 2022):

- **Fomento Florestal Ambiental:** este programa busca recuperar ou restaurar a vegetação nativa em áreas alteradas ou degradadas, com ênfase na geração de serviços ecossistêmicos e na proteção da biodiversidade.

- **Fomento Florestal Socioambiental:** visa a recuperação da vegetação nativa ou o reflorestamento, criando ambientes que conciliam interesses de conservação e uso econômico. Essa modalidade pode ser aplicada em áreas de Reserva Legal (RL) e em Áreas de Preservação Permanente (APPs) de acordo com a legislação vigente.

- **Fomento Florestal Social:** tem como objetivo o reflorestamento associado ao potencial econômico, com foco na ampliação de renda no meio rural, seguindo critérios estabelecidos pela legislação.

O IEF mantém 50 viveiros florestais em todo o estado para fornecer mudas e realizar atividades de identificação, seleção e beneficiamento de sementes de espécies nativas, além de promover a educação ambiental (GOMES, 2022).

Segundo essa mesma autora, desde a implementação do "Novo Código Florestal" e da Lei de Proteção à Biodiversidade em Minas Gerais, as ações de fomento são alinhadas com o Programa de Regularização Ambiental (PRA) e

seu componente, o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O Fomento Florestal está integrado ao Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI), que inclui metas para a promoção e proteção dos ecossistemas.

Outras iniciativas importantes incluem o Programa Bolsa Verde, que oferece pagamento por serviços ambientais a proprietários rurais que preservam ou restauram áreas de vegetação nativa, e o Projeto Conexão da Mata Atlântica, financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente, que visa a recuperação de ecossistemas na região do Corredor Sudeste da Mata Atlântica (*ibidem*).

Além disso, o Plano Estadual de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica estabelece diretrizes para proteger essa região e suas diversas ações incluem a proteção da fauna, criação de unidades de conservação, combate a incêndios florestais, monitoramento florestal, fiscalização ambiental e muito mais (*ibidem*).

O IEF desempenha um papel fundamental na promoção da conservação e recuperação de ecossistemas em Minas Gerais, contribuindo significativamente para a proteção do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas (Figura 9).



**Figura 9.** Entre 2019 e 2021, foram produzidas 1.021,299 mudas nos viveiros do IEF. Fonte: Evandro Rodney.

Esses sistemas oferecem oportunidades para restaurar a fertilidade do solo, introduzir adubos verdes, controlar pragas e plantas invasoras, bem como diversificar a produção agrícola. Além disso, contribuem para uma maior estabilidade na oferta de produtos ao longo do ano, o que beneficia a produção de alimentos, a colheita de madeira e o cultivo de plantas medicinais.

O cultivo de árvores em associação com culturas agrícolas e atividades pastoris tem se revelado uma maneira eficaz de aproveitar os benefícios proporcionados pelos elementos arbóreos na agricultura. Nos sistemas pecuários, por exemplo, essa prática pode aumentar a produção de carne e leite em cerca de 20%. Além disso, essa integração complexa do ambiente pecuário, do ponto de vista biológico, melhora o bem-estar animal e aumenta a competitividade da pecuária nacional (OLIVEIRA et al., 2017b).

Entre os instrumentos legais promovidos pelo Estado, dois se destacam: o Plano Nacional de Florestas, que, em seu Artigo 2º, Inciso II, visa "estimular atividades de reflorestamento, especialmente em pequenas propriedades rurais" (BRASIL, 2006; ROCHA; SILVA, 2009); e a Política Agrícola para Florestas Plantadas, que, em seus Itens IV e V, busca "a melhoria da renda e qualidade de vida no meio rural, principalmente em pequenas e médias propriedades rurais" e "a promoção da integração entre produtores rurais e agroindústrias que utilizam madeira como matéria-prima" (BRASIL, 2014).

Esses instrumentos legais reforçam a importância dos agricultores na construção do setor florestal, especialmente no contexto das florestas plantadas destinadas a atender a cadeia de produção das indústrias. As indústrias têm buscado parcerias com produtores rurais por meio de contratos para atender à crescente demanda por madeira (ROCHA; SILVA, 2009; SOUZA et al., 2009; CORDEIRO et al., 2010).

Em resumo, quando a indústria estabelece um contrato com o produtor rural, isso resulta na integração desse produtor à sua cadeia de produção. Esse processo é conhecido no setor florestal como fomento florestal: embora possa receber nomes semelhantes, seu objetivo primordial é duplo: promover o desenvolvimento da silvicultura pelo produtor rural e garantir o fornecimento de matéria-prima para a indústria (PAIVA, 2007; SOARES et al., 2007; FISCHER, 2009; CORDEIRO et al., 2010).

Dentro do fomento florestal, a atividade de silvicultura é desenvolvida na propriedade do produtor rural, o qual pode empregar sua própria mão de obra nesse processo. Para a empresa, essa parceria representa uma estratégia eficaz para assegurar o suprimento contínuo de madeira. No contexto do setor de celulose, uma parte significativa da matéria-prima é proveniente das plantações das próprias indústrias, enquanto a outra parte é obtida por meio de parcerias estabelecidas com produtores rurais, que passam a integrar a cadeia produtiva dessas empresas (AQUINO, 2013).

## **6. Considerações**

Considerando o atual cenário socioambiental, marcado pela acentuada degradação dos solos devido ao uso inadequado, notadamente o monocultivo, torna-se cada vez mais evidente a imperatividade de adotar medidas que fomentem o reflorestamento. Essas ações têm como meta não apenas promover melhorias na qualidade ambiental, mas também gerar benefícios sociais por meio da implementação de práticas agropecuárias sustentáveis.

As políticas públicas desempenham um papel de destaque na promoção do desenvolvimento sustentável, oferecendo diretrizes e incentivos necessários para alinhar as atividades rurais com as metas socioambientais. Um exemplo notável é o apoio ao sequestro de carbono e ao fomento florestal, medidas que vão além de simplesmente proporcionar uma fonte de renda adicional para os agricultores. Elas também desempenham um papel vital na regeneração dos ecossistemas e na garantia do fornecimento sustentável de produtos madeireiros.

A iniciativa de sequestro de carbono, por exemplo, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mitigando os impactos das mudanças climáticas. Além disso, o fomento florestal não apenas ajuda a suprir a demanda por produtos derivados da madeira, mas também promove a conservação da biodiversidade e a restauração de áreas degradadas.

É importante ressaltar que o sucesso dessas políticas depende da integração de práticas agropecuárias sustentáveis com a adoção de tecnologias adequadas e da conscientização das comunidades rurais. Nesse sentido, o

desenvolvimento e a promoção de tecnologias sustentáveis desempenham um papel fundamental para garantir que as atividades agropecuárias sejam conduzidas de maneira ecologicamente responsável.

Por meio de parcerias estratégicas entre governos, organizações não governamentais e a sociedade civil, é possível criar um ambiente propício para a implementação eficaz dessas políticas públicas, contribuindo assim para um futuro mais sustentável, onde a qualidade ambiental e os ganhos sociais são equilibrados de forma harmoniosa.

## 7. Referências

AQUINO, S. L. de. Estratégias empresariais e efeitos locais: a integração de pequenos agricultores à indústria fabricante de papel e celulose. **Revista IDeAS**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 158-17, 2013.

ARAKAKI, K. K. **Valoração econômica dos serviços ambientais prestados pelo sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**: uma análise de um experimento de longa duração da Embrapa gado de corte. 2014. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014.

ARAÚJO, A. C. et al. Análise financeira do sistema agroflorestal cacaueteiro com seringueira na mesorregião sul baiano. **Agrotropica (Brasil)**, v. 27, n. 1, p. 15-18, 2015.

ARRAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 119-140, 2012.

ASNER, G. P.; BROADBENT, E. N. Improving the measurement of tropical forest carbon stocks using airborne laser scanning. **Carbon Balance and Management**, v. 12, n. 1, p. 11-39, 2017.

ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; CORDEIRO, L. A. M.; EVANGELISTA, B. A. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, p. 153-167, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006**. Regulamenta, entre outras coisas, o uso de matéria-prima florestal por empresas. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 1º de dez. 2006.



BRASIL. **Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014.** Define a política agrícola para floresta plantadas. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 12 dez. 2014.

BRASIL. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República – Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 2, p. 5-39, Pará. 2005.

CHOMITZ, K. M. Em desacordo? Expansão Agrícola, Redução da Pobreza e Meio Ambiente nas Florestas Tropicais. **Relatório do Banco Mundial**, 2007. Disponível em: <[http://siteresources.worldbank.org/INTTROPICALFOREST/Resources/2463822/PTpt\\_Main\\_Low\\_with\\_cover\\_portuguese.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTTROPICALFOREST/Resources/2463822/PTpt_Main_Low_with_cover_portuguese.pdf). Acesso em: 18 maio 2018.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L. da; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R.; ROCHA, J. L.; SOARES, N. S. Contribuições do fomento do órgão Florestal de Minas Gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 267-76, 2010.

COSTA, F. A. Contributions of fallow lands in the Brazilian Amazon to CO2 balance, deforestation and the agrarian economy: inequalities among competing land use. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 4, n. 133, p. 1-23, 2016. DOI: 10.12952/journal.elementa.000133. Disponível em: <https://www.elementascience.org/articles/10.12952/journal.elementa.000133/>. Acesso em: 18 set. 2023.

COSTA, F. A. Mercado de terras e trajetórias tecnológicas na Amazônia. **Economia e Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 245-273, 2012.

ESPÍRITO SANTO. **Portaria nº 013-R, de 15 de junho de 2018.** Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 20 de junho de 2018, p. 16-18.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Global forest resources assessment FRA 2015: how are the world's forests changing?** Rome, 2015. 46 p.

FEIJÓ, F. T.; PORTO JR., S. S. Protocolo de Quioto e o Bem-Estar Econômico no Brasil: Uma análise utilizando equilíbrio geral computável. **Análise Econômica**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2008. Disponível em: <http://www.bancodonordeste.com.br/content/aplicacao/Eventos/ForumBNB2007/docs/protocolo-de-quioto.pdf>.

FERREIRA-ALVES, E. S.; RAYOL, B. P.; SOUZA, J. R. M. de; AMBROSIM, J. F.; NOVAES SOUZA, M. Levantamento socioeconômico e experiências agroecológicas das mulheres ribeirinhas nos quintais da Ilha Saracá, Limoeiro

do Ajuru, estado do Pará. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 226-244. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c8>

FISCHER, A. O fomento na indústria de base florestal. **Informe Gepec.**, Toledo, PR, v. 13, n. 2, p. 6-19, 2009.

GAYATHRI, R.; MAHBOOB, S.; GOVINDARAJAN, M.; GHANIM, K. A.; AHMED, Z.; MULHM, N.; VIJAYALAKSHMI, S.. A review on biological carbon sequestration: A sustainable solution for a cleaner air environment, less pollution and lower health risks. **Journal of King Saud University-Science**, Riade, v. 2, p. 33, 2021.

GIBBS, H. K., RAUSCH, L., MUNGER, J., SCHELLY, I., MORTON, D. C., NOOJIPADY, P.; WALKER, N. F. Brazil's Soy Moratorium. **Science**, v. 347, n. 6220, p. 377-378, 2015.

GIZACHEW, B.; SOLBERG, S.; NÆSSET, E. et al. Mapping and estimating the total living biomass and carbon in low-biomass woodlands using Landsat 8 CDR data. **Carbon Balance Manage**, v. 11, n. 13, 2016.

GOMES, W. **Programa de Fomento Florestal do IEF avança recuperação e conservação de ecossistemas em Minas**. 2022. Disponível em: <https://60anos.ief.mg.gov.br/programa-de-fomento-florestal-do-ief-avanca-recuperacao-e-conservacao-de-ecossistemas-em-minas/>. Acesso em: 23 set. 2023.

GÖTSCH, Ernst. **O renascer da agricultura**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996.

GURGEL, Â. C.; COSTA, C. F.; SERIGATI, F. C. **Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma**. Centro de Agronegócio da Escola de Economia de São Paulo, 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. IBÁ 2015. **Relatório anual 2014**. Brasília, DF, 2015. 61 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, United Kingdom and New York. p. 1454, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group VI to the Eleventh Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, United Kingdom and New York. p. 1454, 2022.

IRINEU N. S. O. **Dimensões da agroecologia na produção e comercialização de agricultores familiares no Distrito Federal e Área Metropolitana**. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2018. (Texto para Discussão).

JIN, L. U.; YUANYUAN, Y. I.; JINTAO, X. U. Forest carbon sequestration and China's potential: the rise of a nature based solution for climate change mitigation. **China Economic Journal**, v. 13, p. 200-222, 2020.

LEVIN, I. Earth science: The balance of the carbon budget. **Nature**, v. 488, n. 7409, p. 35-36, 2012. <https://doi.org/10.1038/488035a>

LISIN, A. Biofuel Energy in the Post-oil Era. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 10, n. 2, p. 194-199, 2020. DOI: <https://doi.org/10.32479/ijeep.8769>

MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; PEROSA, B. B. Monitoramento da mitigação das emissões de carbono na agropecuária. **Agroanalysis**, v. 38, n. 3, p. 26-29, 2018.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. 2012.

MARTINS, M. C.; ROMARCO, M. L.; SOUZA, M. N. Uma análise da implantação da integração lavoura pecuária floresta (ILPF) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da UFV**, v.4, p.154-163, 2013.

MARTINS, M. C.; SOUZA, M. N. Uma análise das variáveis do desenvolvimento rural sustentável no uso da Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF) em municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Multifuncionalidades sustentáveis no campo: **Agricultura, pecuária e florestas**, v.5, p.10-15, 2013. Disponível em: <http://www.simbras-as.com.br>.

MAY, P. H. et al. Sistemas agroflorestais e reflorestamento para captura de carbono e geração de renda. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA - ECOECO, 6, 2005, Brasília. **Anais... VI ECOECO**, 2005.

MIKHAYLOV, A; MOISEEV, N.; ALESHIN, K.; BURKHARDT, T. **Mudanças climáticas globais e efeito estufa**. Empreender. Sustentar. Edições 7, n. 4, p. 2897, 2020.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. cap. 1 In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

MOREIRA, J. T. **Agricultura de baixo carbono no Brasil rural: análise das iniciativas institucionais para estados e municípios do bioma cerrado**. Brasília, 2019. 89 p. Dissertação. Universidade de Brasília.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris**. 2016. Disponível em: <https://seeg.eco.br/documentos-analiticos>. Acesso em: 23 fev. 2022.

OHSE, S.; DERNER, R. B.; OZÓRIO, R. A.; CUNHA, P. C. R.; LAMARCA, C. P.; SANTOS, M. E.; MENDES, L. B. B. Revisão: Sequestro de carbono realizado por microalgas e florestas e a capacidade de produção de lipídios pelas microalgas. **INSULA**, Florianópolis/SC, n. 36, p. 39-74, 2007.

OLIVEIRA, C.; REPOSSI, B. F.; FERRI, A. G.; SILVA, G. P. DA; VARDIERO, L. G. G.; TRUGILHO, G. A.; RANGEL, D. S.; LOUBACK, G. C.; SILVEIRA, L. F. V.; SOUZA, M. N. Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 114-136. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c3>

OLIVEIRA, E. B. de; OLIVEIRA, Y. M. M. de; SCHAITZA, E. G. Plantações florestais comerciais e a biodiversidade. cap. 4 In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017a.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de. Plantações florestais, resultados: indicadores de sustentabilidade no setor florestal. Cap. 10. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017b.

PAIVA, N. S. V. **Contornos jurídicos e matrizes econômicas dos contratos de integração vertical agroindustriais no Brasil**. UC Berkeley: Berkeley Program in Law and Economics, 2007.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

ROCHA, J. das D. de SÁ; SILVA, J. de A. As funções de Estado na área florestal: suas interrelações com a constituição federal e com o Programa Nacional de Florestas. **Florestas**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 253-71, abr./jun. 2009.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 184 p. 2004.

SCHWEITZER, H.; AALTO, N. J.; BUSCH, W.; CHAN, D. T. C.; CHIESA, M.; ELVEVOLL, E. O. Biotecnologias inovadoras de captura de carbono por meio de soluções inspiradas em ecossistemas. **One Earth**, v. 4, n. 1, p. 49-59, 2021.

SEEG - **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020** 9º edição do SEEG, 2021.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N. **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. Novas Edições Acadêmicas: Beau Bassin, Mauritius, 2021. 72p. ISBN: 978-620-2-80825-2

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; SIQUEIRA, C. B. **Sistemas agroflorestais**

**(SAFs) e a cafeicultura.** In: Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 40-50.

SILVA, S. M. **Quantificação de carbono de um sistema agroflorestal em área de cerrado no Brasil Central.** Monografia (Graduação em Gestão Ambiental). Universidade de Brasília, Planaltina, DF, 2013. 58 p.

SOARES, N. S.; VALVERDE, S. R.; SILVA, M. L. da; JACOVINE, L. A. G.; SILVA JUNIOR, A. G. da; LÍRIO, V. S. Determinantes do sucesso e fracasso de um contrato futuro da madeira de reflorestamento no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 76, p. 91-102, 2007.

SOUZA, I. I. de M.; ARAÚJO, E. da S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of Afforestation of Arabica Coffee on the Physical and Sensorial Quality of the Bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022a. 347 p. ISBN: 978-65-84548-04-6. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023b. 322 p. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023a. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022b. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. **Avaliação das condições nutricionais dos solos e o sequestro de carbono nos sistemas agroflorestais através da utilização de modelos de crescimento de florestas.** Viçosa, MG, setembro, 2003. 143 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais.** Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v. 5000. 376 p.

SOUZA, M.; NASCIMENTO, P. de O.; MONTEIRO, R. J.; TRUGILHO, G. A.; MOREIRA, M. F.; LOUBACK, G. C.; CRESPO, A. M.; PERON, I. B.; COSTA, W. M. da; FIGUEIREDO, J. S. M. Revegetação, matéria orgânica e a sustentabilidade nos procedimentos de recuperação de solos degradados. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 72-93. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c2>

SOUZA, U. R. de S.; SILVA, F. L. da; GRIFFITH, J. J.; LIMA, J. E. de; QUINTELA, M. C. A.; COSTA, C. V. Determinantes dos novos contratos de fomento florestal

na mesorregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 377-96, 2009.

TELLES, T. S., VIEIRA FILHO, J. E. R., RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil (nº 2638)**. Texto para Discussão (2021).

TRUGILHO, G. A. **Contribuições do “Programa Reflorestar” para intervenções conservacionistas e produtivas em propriedades rurais do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre). 2023. 73 p.

VINHOLIS, M. D. M. B.; SAES, M. S. M.; CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M. de. The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: A case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. **Journal of Cleaner Production**, n. 280, p. 124-334, 2020.

WILBERFORCE, T.; BAROUTAJI, A.; SOUDAN, B.; ALAMI, A. H.; OLABI, A. G. Outlook of carbon capture technology and challenges. **Science of the total environment**, v. 657, p. 56- 72, 2019.

YU, C. M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas**. 2004. 279 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

---

## Importância das unidades de conservação como prática de preservação e educação ambiental no ensino escolar

Mauricio Ferreira Moreira, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Hilton Moura Neto, Clarissa Alves de Novaes, Gabriela Alves de Novaes, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Taís Neves Calabianqui, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c6>

### Resumo

Diante do aumento contínuo da população ao longo do tempo, torna-se evidente a escassez e diminuição de recursos naturais. O crescimento populacional muitas vezes resulta na redução dos habitats naturais e, conseqüentemente, na perda da diversidade biológica, uma preocupação compartilhada globalmente. Portanto, é capital estabelecer espaços dedicados à preservação e conservação do meio ambiente natural e da biodiversidade. A criação desses locais desempenha um papel fundamental na educação, fornecendo exemplos tangíveis no processo de ensino-aprendizagem. Além das preocupações ecológicas, alguns autores reconhecem aspectos sociais, econômicos, culturais e até mesmo vitais relacionados a esses ambientes, que podem influenciar positivamente a mudança de hábitos na sociedade. O objetivo deste estudo é destacar a importância da preservação das Unidades de Conservação (UC) e sua utilidade no contexto educacional, visando a capacidade de ensinar, criar e implementar uma UC, bem como enfatizar o envolvimento da sociedade nesse processo. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma pesquisa exploratória qualitativa, envolvendo a aplicação de questionários e a realização de palestras na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio "Domingos Perim", localizada em Venda Nova do Imigrante, no estado do Espírito Santo. Os resultados obtidos revelaram que 92,50% dos participantes tinham conhecimento sobre o que é uma UC. No entanto, quase metade deles não estava familiarizada com o conceito de Educação Ambiental (EA) e o potencial uso desses espaços no contexto educacional. É importante destacar que a escola desempenha um papel fundamental como um ambiente gerador e transformador de conhecimento, com a capacidade de modificar essas percepções, fornecendo informações sequenciais e formando cidadãos responsáveis.

**Palavras-chave:** Unidades de educação. Biodiversidade. Impacto comportamental. Ambiente gerador/transformador.

## 1. Introdução

Com o aumento da população, a demanda por recursos naturais também cresce. Esse aumento populacional muitas vezes leva à redução dos habitats naturais e, conseqüentemente, à perda de diversidade biológica, esgotando as fontes de abastecimento. À medida que os avanços tecnológicos se desenvolvem, também ocorrem alterações significativas no ambiente natural, muitas das quais produzem impactos e externalidades negativas irreversíveis.

Conforme Brasil (1991) destaca, "esses desafios da sociedade moderna, devido à sua globalização, reforçam a noção de que todas as nações do planeta, independentemente de serem ricas ou pobres, compartilham não apenas um destino comum, mas também os mesmos problemas". Essa preocupação global não é recente e remonta à Conferência de Estocolmo em 1972, quando 113 países se reuniram para abordar essa questão e dar início à importância do debate.

Após a Conferência de Estocolmo, o Brasil sediou eventos como a Rio-92 e a Rio+20, que marcaram avanços significativos no entendimento global sobre a necessidade de uso mais racional e sustentável dos recursos naturais, devido à crescente conscientização dos problemas ambientais (HASSLER, 2005; SOUZA; FONSECA, 2023).

Compreendendo essa necessidade, surge a importância de criar espaços dedicados à preservação e conservação do meio ambiente natural, da biodiversidade e do patrimônio genético. Isso visa garantir a proteção de ecossistemas naturais, ou pelo menos de seus fragmentos. Um exemplo notável desse conceito é o Parque Nacional de *Yellowstone*, criado em 1872 nos Estados Unidos da América, que marcou o início de uma nova era na conservação ambiental em escala global (HASSLER, 2005).

No Brasil, a ideia de criar parques nacionais foi proposta pelo Engenheiro André Rebouças em 1876, com sugestões para parques em Sete Quedas e na Ilha do Bananal. No entanto, somente em 1937 o Parque Nacional do Itatiaia foi criado pelo então Presidente Getúlio Vargas. "Outros parques nacionais só seriam estabelecidos cerca de vinte anos mais tarde" (PEREIRA, 1999).



Nos anos da década de 1970 e 1980, de acordo com esse mesmo autor, o Brasil deu os primeiros passos na seleção e planejamento de Unidades de Conservação (UC), empregando dois métodos semelhantes para definir essas áreas. O Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Florestal (IBDF) foi o primeiro a ser criado, sendo responsável pela criação e implementação de Parques e Florestas Nacionais, bem como Reservas Biológicas. Posteriormente, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) surgiu como o segundo sistema, encarregado de controlar a poluição, promover a educação ambiental e conservar os ecossistemas.

Para esse mesmo autor, em 1989, devido a questões administrativas nos órgãos responsáveis, foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que passou a assumir a gestão dessas repartições. As Unidades de Conservação Federais ficam sob a supervisão da Diretoria de Ecossistemas, cuja responsabilidade engloba o planejamento, direção, orientação e coordenação das atividades relacionadas à conservação de amostras representativas dos ecossistemas e ao manejo da vida silvestre.

Com base nesse contexto, e em consonância com a crescente preocupação com a Educação Ambiental (EA), Rocha (2000) e Fonseca et al. (2022) definem a Educação Ambiental como um processo que envolve a conscientização política, institucional e comunitária sobre a realidade ambiental, o ser humano e a sociedade. Essa conscientização busca analisar, em colaboração com a comunidade, por meio de abordagens formais e informais, as melhores alternativas para proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento socioeconômico sustentável. Portanto, a Educação Ambiental engloba tudo o que contribui para a compreensão do ambiente, estabelecimento de relações e uso sustentável desse ambiente.

O Brasil é um país notável quando se trata de biodiversidade, e essa característica única desempenha um papel fundamental em nível global, destacando-se (IBAMA, 2016):

✓ **Riqueza em espécies:** o Brasil abriga aproximadamente 10% de todas as espécies conhecidas no mundo. Isso inclui uma vasta variedade de fauna e flora, desde as florestas tropicais até os ecossistemas únicos do pantanal e do cerrado.

✓ **Amazônia:** a floresta amazônica, que se estende por nove países, é a maior floresta tropical contínua do mundo e possui uma biodiversidade extraordinária. Abriga inúmeras espécies de plantas, animais e insetos ainda não descobertos pela ciência.

✓ **Mata atlântica:** este é um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil, mas também um dos mais diversos. A mata atlântica é o lar de muitas espécies endêmicas e desempenha um papel fundamental na regulação do clima e no abastecimento de água para grandes cidades.

✓ **Cerrado:** é o segundo maior bioma do Brasil. É conhecido por sua diversidade, abrigando diversas espécies de plantas e animais adaptados a climas sazonais extremos.

✓ **Pantanal:** este é o maior pântano tropical do mundo e também é uma área rica em biodiversidade, com inúmeras espécies de aves, mamíferos, répteis e peixes.

Apesar de sua riqueza em biodiversidade, o Brasil enfrenta desafios significativos na conservação desses ecossistemas. A expansão agrícola, o desmatamento, a mineração e outras atividades humanas têm contribuído para a degradação ambiental em muitas regiões (SOUZA, 2023).

A importância global da biodiversidade brasileira não é apenas importante para o Brasil, mas também para o mundo. Muitos recursos genéticos valiosos são encontrados no Brasil, que podem ser essenciais para a agricultura e medicina globais no futuro.

A criação de unidades de conservação (UC) desempenha um papel fundamental na proteção da biodiversidade no Brasil. Além disso, a educação ambiental desempenha um papel fundamental na conscientização das pessoas sobre a importância da conservação e na promoção de práticas sustentáveis.

Em resumo, a biodiversidade do Brasil é uma herança preciosa que requer esforços significativos para ser protegida e preservada. É vital encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação da natureza, garantindo que as gerações futuras possam desfrutar da riqueza natural do país (SOUZA; FONSECA, 2023).

Barcelos (1999), citado por Aquino (2001), define as Unidades de Conservação (UC) no Brasil como áreas protegidas estabelecidas em

ecossistemas significativos do território nacional. Elas são criadas pelo Governo Federal e pelos governos estaduais e municipais, no âmbito de suas respectivas competências administrativas.

A legislação vigente, em particular a Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999, destaca a sensibilização ambiental da sociedade, especialmente das populações tradicionalmente vinculadas às UC, como um dos principais pilares da Educação Ambiental. A educação ambiental é uma ferramenta crucial para catalisar a mudança de comportamento da sociedade e desempenha um papel vital (BERTOLINO, 2006; SOUZA; FONSECA, 2023).

De acordo com a Lei 9.985/2000, em seu artigo 5º, inciso IV, incentiva-se a busca de apoio e cooperação de organizações não-governamentais, entidades privadas e indivíduos para o desenvolvimento de estudos, pesquisas científicas, práticas de educação ambiental, atividades de lazer e turismo ecológico, monitoramento, manutenção e outras ações de gestão das unidades de conservação (BRASIL, 2000).

Portanto, o objetivo deste trabalho é enfatizar a importância da preservação das Unidades de Conservação e sua integração no ensino escolar, com o propósito de ensinar, criar e estabelecer uma unidade de conservação, bem como destacar o envolvimento da sociedade nesse processo (Figura 1).



**Figura 1.** Polo de Educação Ambiental do Ifes campus de Alegre. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

## 2. Histórico sobre as áreas de conservação

O valor econômico substancial gerado pela conservação de áreas naturais é frequentemente subestimado e carece de divulgação e discussão adequadas na sociedade. A falta de conhecimento ou conscientização sobre os retornos financeiros que podem ser obtidos com a implementação das Unidades de Conservação (UC) pode ser uma das razões para o investimento insuficiente nessas áreas.

Surpreendentemente, a maioria das áreas protegidas, cerca de 88,3%, é passível de utilização econômica para atividades como produção florestal, turismo, extrativismo, agropecuária, agricultura e atividades industriais de baixo impacto ambiental. Dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) mostram que, em 2009, os municípios que abrigavam UC receberam R\$ 402,7 milhões em receita real de ICMS ecológico devido à existência dessas unidades em seus territórios.

As Unidades de Conservação foram originalmente criadas com o objetivo de reduzir os impactos sobre a biodiversidade e manter áreas naturais da forma menos alterada possível (BRASIL, 2000). A Lei 9.985/2000, também conhecida como Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), estabeleceu critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UC. Esta lei é um marco na proteção das UC no Brasil, fornecendo diretrizes legais para a criação das unidades e orientações para um eficaz plano de manejo, garantindo o sucesso das UCs em suas relações com as comunidades, escolas e todos os envolvidos direta ou indiretamente com elas.

A Conferência de Diversidade das Nações Unidas, conhecida como COP15, realizada em Montreal, Canadá, em dezembro de 2022, destaca a importância dos países discutirem questões relacionadas ao meio ambiente. Este evento, com um acordo histórico para orientar a ação global em relação à natureza até 2030, representa o mais recente esforço global para debater a proteção da biodiversidade. Representantes de 188 governos estiveram reunidos para participar da cúpula (UNEP, 2022).

É interessante notar que, apesar do grande número de áreas protegidas no Brasil, a quantidade de unidades municipais é significativamente menor do que

as federais e estaduais. Isso destaca a oportunidade de direcionar esforços educacionais e de conscientização para as autoridades municipais. Atualmente, o Brasil possui 2.446 UCs, distribuídas entre os níveis federal, estadual e municipal. São divididas em duas categorias principais: proteção integral e uso sustentável (BNDES, 2020).

Em relação à gestão das UCs, as unidades federais são gerenciadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), enquanto as unidades estaduais e municipais estão sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Tendo em mente que o ensino é mais eficaz quando introduzido desde cedo e que a inclusão de temas ambientais na educação faz diferença no aprendizado e na formação, é fundamental integrar o ensino, a pesquisa e a extensão. Isso se alinha com o conceito de aprendizagem significativa, onde novos conhecimentos passam a ter significado para o aprendiz, permitindo que ele resolva problemas e compreenda conceitos com suas próprias palavras (MOREIRA, 2003).

A Educação Ambiental (EA) desempenha um papel fundamental nessa abordagem, pois promove a relação harmoniosa entre o ser humano e a natureza (Figura 2) (MACEDO, 2022).



**Figura 2.** Parque Estadual Pedra Azul, ES. Fonte: Acervo IEMA, 2023.

As trilhas interpretativas se destacam como recursos pedagógicos valiosos para a Educação Biológica e Ambiental, pois têm a capacidade de estimular a observação e reflexão, tornando possível a transmissão de informações biológicas e o fomento da sensibilização e conscientização ambiental. A interpretação ambiental oferece uma oportunidade de desenvolvimento humano ao incentivar a capacidade investigativa, levando as pessoas a repensarem sua perspectiva e relação com o planeta como um todo, por meio da interpretação e compreensão da realidade ambiental. Assim, a natureza se torna uma ferramenta facilitadora do processo de aprendizado (Figura 3) (BEDIM, 2009; CARVALHO; SOUZA, 2022).



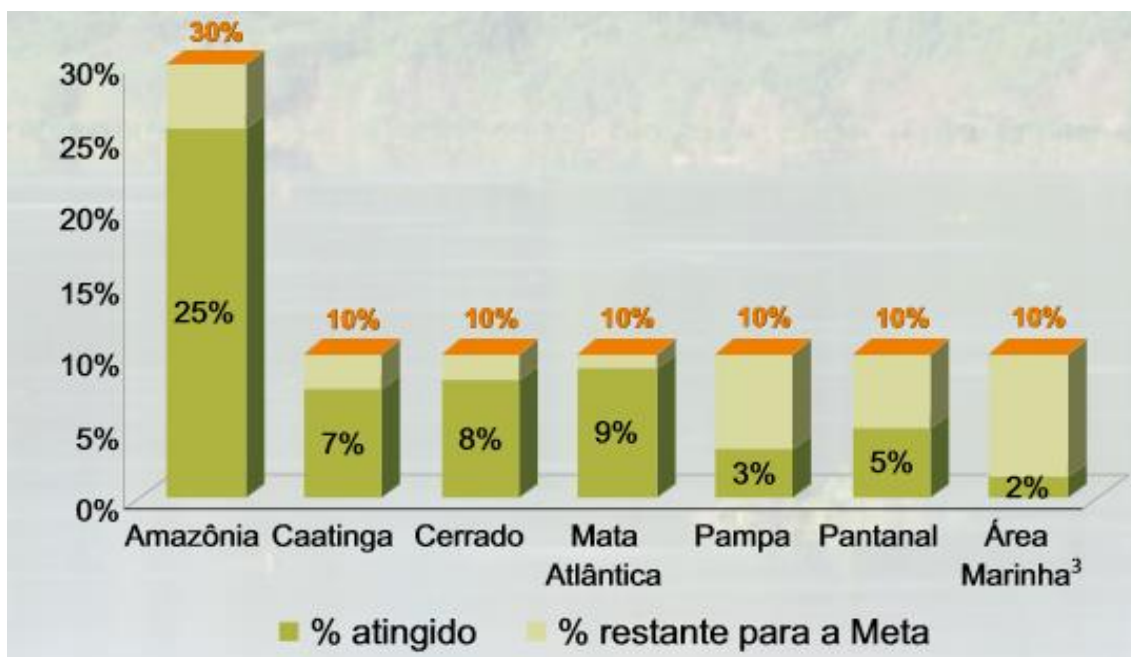
**Figura 3.** Trilha da “Figueira” no Polo de Educação Ambiental do Ifes campus de Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

É essencial que cada aluno desenvolva suas habilidades individuais e adote atitudes pessoais e comportamentos sociais construtivos, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, em um ambiente saudável (EFFTING, 2007). Conforme esse mesmo autor, a escola desempenha um papel crucial como um espaço social onde os alunos são sensibilizados para as questões ambientais, e fora do contexto escolar, eles podem aplicar e continuar

seu processo de socialização. Comportamentos ambientalmente responsáveis devem ser aprendidos na prática, no dia a dia da vida escolar, contribuindo para a formação de cidadãos conscientes de suas responsabilidades.

Dado que os recursos destinados à conservação da biodiversidade são limitados, é imprescindível identificar áreas prioritárias para investimentos e ações por parte do Poder Público e da sociedade civil. Alguns critérios para essa seleção estão relacionados à identificação de espécies cujas características exigem intervenção imediata (GANEM, 2010).

Em conformidade com as metas estabelecidas pelo país na convenção de 2006, que delineou objetivos de expansão das áreas protegidas, é notável que o bioma Mata Atlântica esteja mais próximo de alcançar essas metas (Figura 4). Isso ressalta a importância da divulgação de esforços contínuos e da persistência na criação e implementação de novas Unidades de Conservação com a participação ativa de todos, refletindo o compromisso do país com suas metas nacionais.



**Figura 4.** Figura 4. Objetivos de expansão de áreas protegidas. Fonte: [http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_publicacao/240\\_publicacao05072011052536.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_publicacao/240_publicacao05072011052536.pdf)

Diegues (2001) destaca que nem todos os residentes das áreas naturais possuem inerentemente um compromisso com a conservação ambiental. Contudo, entre eles, encontram-se populações tradicionais que acumularam um profundo conhecimento empírico sobre o funcionamento do mundo natural ao seu redor. É de suma importância aprofundar nossa compreensão das interações entre a preservação da diversidade biológica e a salvaguarda da diversidade cultural.

De acordo com esse mesmo autor, é surpreendente constatar que existe uma significativa lacuna na pesquisa sistemática nessa área. Historicamente, no Brasil, a avaliação de áreas para serem designadas como unidades de conservação tem sido predominantemente uma responsabilidade de especialistas em ciências naturais. Contudo, é absolutamente essencial adotar uma abordagem interdisciplinar, que envolva biólogos, engenheiros florestais, sociólogos, antropólogos, cientistas políticos e outros profissionais trabalhando em colaboração estreita com as comunidades tradicionais. Essa colaboração ativa e inclusiva é fundamental para um processo de tomada de decisão mais abrangente e eficaz.

Conforme afirmam Gomez-Pompa e Kaus (1992) *apud* Diegues (2001), está-se debatendo e estabelecendo políticas em um domínio que ainda compreendemos inadequadamente; e as populações que possuem um conhecimento mais profundo raramente participam das discussões e tomadas de decisão.

Portanto, fica evidente a importância de valorizar o conhecimento tradicional em sua totalidade quando se trata de promover a preservação e a gestão eficaz da biodiversidade, especialmente em locais fundamentais como as Unidades de Conservação (UC). Isso ressalta a necessidade de enfatizar tanto a conservação ambiental quanto a utilização dessas áreas para fins educacionais, envolvendo e valorizando a sabedoria popular. O engajamento de um maior número de pessoas nesse esforço conjunto certamente levará a resultados mais significativos (Figura 5).





**Figura 5.** Trilha do “Arroz” no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

### **3. Educação ambiental**

A Educação Ambiental (EA) como disciplina tem suas raízes na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972. Segundo Pott e Estrela (2017), essa conferência marcou o início da abordagem formal da EA.

Nos dias atuais, a Educação Ambiental não se limita apenas ao aspecto ecológico, mas engloba também considerações econômicas, sociais, éticas, políticas, científicas, tecnológicas e culturais. Em muitos casos, as Unidades de Conservação (UC) enfrentam desafios na implementação de planos de manejo devido à falta de recursos humanos e financeiros. Portanto, é essencial promover projetos de educação ambiental e conscientização para envolver mais efetivamente as comunidades na proteção e preservação dessas áreas (DIAS, 2004).

Como destacado por Reigota (1997), a Educação Ambiental é um processo de formação dinâmico, permanente e participativo, no qual os indivíduos envolvidos se tornam agentes transformadores, participando ativamente na

busca por alternativas para a redução dos impactos ambientais e no controle do uso dos recursos naturais.

Um relatório elaborado pela ONG Fundo Mundial para a Natureza (WWF), com o apoio do IBAMA, apontou que, das 86 unidades de conservação de proteção integral no Brasil, 20 estão em risco extremo, 17 enfrentam riscos altos, 27 têm riscos médios e 22 estão em situação de risco normal (HENRY-SILVA, 2005).

Em 2006, o Brasil estabeleceu metas nacionais para conservar pelo menos 30% da Amazônia e 10% dos demais biomas em UC, como parte da Convenção sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas (CDB). O Ministério do Meio Ambiente (MMA) aponta que a Mata Atlântica é a região mais próxima de atingir a meta de 10% estabelecida por essa convenção. Portanto, é vital promover a compreensão e valorização desses objetivos, especialmente entre as comunidades próximas a essas áreas (MMA, 2011).

Com o intuito de facilitar a criação de UC municipais, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do Departamento de Áreas Protegidas (DAP), lançou um roteiro que descreve as etapas, desde a abertura do processo até os procedimentos jurídicos. O documento oferece dicas para superar obstáculos comuns nesse processo e orientações detalhadas sobre como iniciar uma UC. É importante notar que, embora tenha havido um aumento global nas áreas protegidas, de cerca de 600 em 1950 para 3500 atualmente, essas áreas ainda abrangem apenas cerca de 15% da área terrestre mundial e 3,4% da área oceânica, de acordo com dados da Base de Dados Mundial de Áreas Protegidas - *World Database on Protected Areas* (WDPA)<sup>5</sup>.

Uma proposta de criação de uma UC deve incluir informações essenciais, com o nome da área, sua localização (incluindo estado, município e coordenadas

---

<sup>5</sup> O WDPA é uma *joint venture* entre o Centro de Monitoramento da Conservação Mundial do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP-WCMC) e a Comissão Mundial de Áreas Protegidas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (WCPA). Os dados para o WDPA são coletados de secretarias de convenções internacionais, governos e ONGs colaboradoras, mas o papel de guardião é alocado ao Programa de Áreas Protegidas do PNUMA-WCMC, com sede em *Cambridge*, Reino Unido, que hospeda o banco de dados desde sua criação em 1981. O WDPA é atualizado mensalmente e pode ser baixado em: <https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa>.

geográficas), descrição dos limites, tamanho do território, detalhes sobre a área e justificativa, bem como a situação fundiária.

É importante destacar que esse esforço visa valorizar o cuidado com o meio ambiente sem desconsiderar a importância das comunidades locais, suas culturas e, acima de tudo, os seres humanos envolvidos nesse processo.

#### **4. Estudo de caso:** Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Domingos Perim”, em Venda Nova do Imigrante – ES

O presente Estudo de Caso tem os seguintes objetivos:

##### **4.1. Geral**

Apresentar a importância das Unidades de Conservação na preservação ambiental e no ensino escolar, a partir do comprometimento da sociedade de forma geral, executando e reformulando ações que estabeleçam impacto comportamental.

##### **4.2. Específicos**

- ✓ Ministrar uma palestra educativa sobre Unidades de Conservação na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Domingos Perim”, em Venda Nova do Imigrante, ES;
- ✓ Avaliar os alunos a partir de um formulário descritivo, na qual podem expressar acerca de seus conhecimentos sobre UC e sua importância;
- ✓ Qualificar a eficiência de palestra educativa na escola.

##### **4.3. Procedimentos metodológicos**

O trabalho apresentado neste contexto foi realizado na Escola Estadual de Ensino Fundamental "Domingos Perim", localizada na Rua La Ville, 134, Bairro Trinta de Dezembro, em Venda Nova do Imigrante, ES. Esta instituição de ensino desfruta de uma sólida reputação e é amplamente reconhecida no estado devido ao comprometimento de seus colaboradores.

A escola abriga aproximadamente 680 estudantes, divididos em dois turnos, matutino e vespertino. Há 03 turmas de 6º ano, 02 turmas de 7º ano, 02

turmas de 8º ano e 02 turmas de 9º ano no turno vespertino. O índice de repetência entre os alunos é baixo. A equipe que compõe a escola é formada por 30 professores, 02 pedagogas, 02 coordenadoras, 05 secretárias, 02 cozinheiras, 04 auxiliares de serviços gerais e 01 diretora.

Um dos professores dessa escola tem se dedicado especialmente à Educação Ambiental, executando programas e atividades relacionados ao tema com os alunos. Ao entrar em contato com ele para propor a realização da palestra, ficou evidente que seria uma excelente oportunidade de complementar o trabalho que já estava sendo realizado.

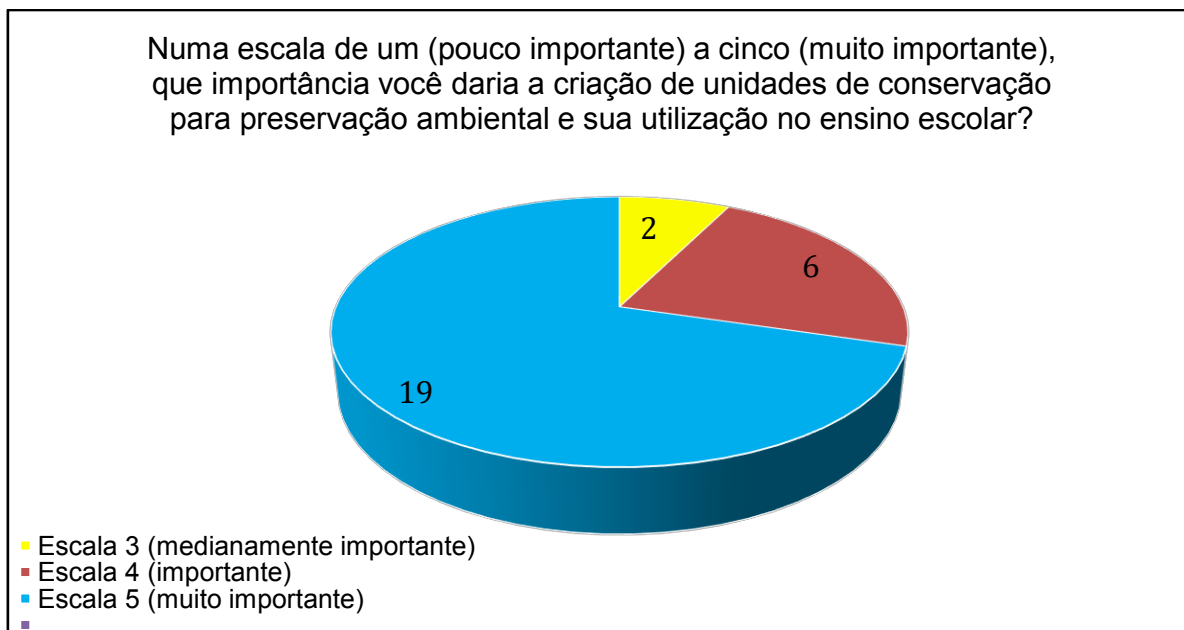
A palestra foi ministrada para uma turma de 8º ano, devido à coincidência de disponibilidade de data entre o professor, a escola e o palestrante, além da relevância do assunto. Utilizou-se uma abordagem de aula expositiva com o apoio de um *Datashow*, que permitiu apresentar o conteúdo de forma visualmente atrativa, com vídeos e *slides* esclarecedores, mantendo os alunos engajados e atentos à apresentação.

#### **4.4. Resultados**

De forma simples e direta, durante a palestra para a turma de 8º ano do ensino fundamental, com 27 alunos presentes na escola, buscou-se exemplificar com clareza e relevância para a realidade da região serrana do Estado do Espírito Santo e para a vida cotidiana dos estudantes.

Inicialmente, questionou-se se já tinham ouvido falar sobre educação ambiental. Das 27 respostas, 25 alunos afirmaram que sim, indicando algum nível de familiaridade com o tema, enquanto apenas 2 alunos responderam que não tinham conhecimento sobre o assunto.

Em seguida, perguntou-se o que entendiam por "unidade de conservação", e apresentamos as respostas obtidas (Figura 6):



**Figura 6.** Nível de conhecimento dos alunos sobre Unidades de Conservação (UCs). Fonte: Mauricio Ferreira Moreira, 2021.

Transcorreu-se com a explicação do assunto, enfatizando a importância da criação das UC para preservação e utilização no ensino escolar, a atenção e o entusiasmo ao tema foram notáveis.

Ao final, com a explicação apresentada, conduziu-se mais algumas perguntas. Na primeira, questionou-se em uma escala de um (nada importante) a cinco (muito importante) que relevância daria ao tema proposto, obtendo-se o seguinte resultado: 100% compreenderam e acharam importantes.

- ✓ Escala 3 (medianamente importante) - 02 respostas
- ✓ Escala 4 (importante) - 06 respostas
- ✓ Escala 5 (muito importante) - 19 respostas

Na segunda pergunta, solicitou-se que os alunos descrevessem sua compreensão sobre o que é uma Unidade de Conservação (UC). Ficou-se impressionado com a unanimidade das respostas (100%), pois todos mencionaram aspectos relacionados à preservação, conservação e educação ambiental nessas áreas. Os alunos demonstraram um entendimento bastante sólido sobre o assunto.

Um resultado em particular chamou nossa atenção, pois um dos alunos compartilhou o seguinte pensamento: "Não tem só no Brasil, protege o ecossistema, área de proteção ambiental, existe a integral que vê além da proteção, também ao turismo, e a sustentável, que visa a conservação." Esse aluno demonstrou um conhecimento detalhado sobre os diferentes tipos de Unidades de Conservação, mostrando uma compreensão abrangente do tema.

Por fim, ao se questionar como eles imaginavam uma aula de campo em uma Unidade de Conservação e se achavam que seriam proveitosos, todas as respostas foram repletas de entusiasmo. Os alunos se mostraram estimulados e ansiosos para participar de uma aula em um desses espaços não-formais, demonstrando um grande interesse em vivenciar experiências práticas relacionadas à preservação ambiental e à educação ambiental.

A realização de aulas práticas em campo demonstrou sua capacidade de despertar o interesse pela preservação ambiental entre os estudantes. Durante essas atividades, os alunos puderam diferenciar melhor os diversos componentes do meio ambiente e compreender suas interações de maneira mais clara. Esse processo proporcionou informações evidentes, como destacado por Mananzal e Jiménez (1995), *apud* Motokane e Trivelato (1999).



**Figura 7.** Crianças do ensino fundamental em visita à Reserva Biológica Augusto Ruschi, Santa Tereza, ES. Fonte: Acervo Hilton Moura Neto, 2023.

Quando ocorre o envolvimento de indivíduos que possuem conhecimento, tanto teórico quanto empírico, e a participação ativa daqueles que buscam informações ecológicas e ambientais, como ocorre na escola e na comunidade, a preservação ambiental adquire uma repercussão significativa. Essa interação entre aqueles que têm conhecimento e aqueles que buscam informações, contribui para a conscientização e o engajamento na proteção do meio ambiente (Figura 7).

## **6. Considerações**

O desenvolvimento deste trabalho proporcionou uma divulgação importante sobre a relevância das Unidades de Conservação (UC) para a preservação ambiental e sua aplicação no ensino escolar. Ficou claro como a criação e manutenção dessas áreas dependem do comprometimento de toda a sociedade.

Considerando as necessidades imperativas de preservação de locais especiais como as UC, sugere-se que seja dada uma ênfase maior ao desenvolvimento de projetos que promovam o crescimento da implantação de áreas de conservação e preservação municipais. Isso representa uma oportunidade valiosa para explorar conscientemente o ambiente, com a maior parte do uso destinado a escolas e à sociedade em geral. Além disso, essa abordagem valoriza as comunidades locais e suas culturas, ao mesmo tempo em que enfatiza a responsabilidade ambiental.

O principal objetivo do presente trabalho foi causar um impacto comportamental em todos os segmentos da comunidade, com destaque para os ambientes escolares e os estudantes. Pretenderam-se estimular uma consciência ecológica nesse público, pois se acreditam que as escolas desempenham um papel fundamental na formação e disseminação de ideias. Para promover tal argumento, realizaram-se uma palestra sobre o tema deste trabalho, apresentando o conteúdo de forma expositiva e avaliando a contribuição das informações compartilhadas.

A análise dos resultados obtidos junto aos estudantes revelou que, embora 92,5% da classe soubesse o que era uma UC, quase metade dos alunos não

tinha conhecimento sobre a educação ambiental e o potencial uso desses espaços no contexto escolar. Isso evidencia a necessidade de se fazer muito mais para alcançar resultados eficazes e bem-sucedidos no ambiente educacional.

A intensificação da conscientização e promoção da educação ambiental nas escolas desempenha um papel fundamental na preparação dos alunos para compreender e atuar na preservação do meio ambiente, com foco especial nas Unidades de Conservação. Essa abordagem educacional não apenas aumenta o conhecimento dos estudantes sobre questões ambientais, mas também os capacita a tomar medidas concretas em prol da conservação da biodiversidade e da sustentabilidade.

Ao fornecer aos alunos informações sólidas sobre o funcionamento dos ecossistemas, a importância das UCs e a interconexão entre a preservação ambiental e o bem-estar humano, as escolas desempenham um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e responsáveis. Além disso, ao criar oportunidades para atividades práticas em UCs, como aulas de campo e projetos de pesquisa, as escolas podem enriquecer ainda mais a experiência educacional dos alunos.

Dessa forma, é essencial que educadores, gestores escolares e formuladores de políticas reconheçam a relevância da educação ambiental e seu impacto positivo na formação da próxima geração de líderes ambientalmente conscientes. Investir nesse tipo de educação é uma estratégia eficaz para promover a conservação ambiental e garantir um futuro sustentável.

## 7. Referências

AQUINO, A. A. de A. **O papel das unidades de conservação na preservação da natureza.** 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/2407>>. Acesso em: 13 out. 2017.

BARBOSA, V. **Áreas protegidas cobrem apenas 15% do território mundial.** 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/areas-protegidas-cobrem-apenas-15-do-territorio-mundial/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. **Unidades de conservação:** os diferentes tipos e suas contribuições para o desenvolvimento. Disponível em:



<<https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/áreas%20marinhas>>. Acesso em: 06 set. 2023.

BRASIL. 2000. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 19 de agosto de 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm). Acesso em: 04 set. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CAMINHA, A. F. **MMA lança roteiro para criação de unidades de conservação municipais**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/6840-mma-lanca-roteiro-para-criacao-de-unidades-de-conservacao-municipais>>. Acesso em: 12 out. 2017.

CARVALHO, S. P.; SOUZA, M. N. A trilha ecológica pedagógica do “arroz” no Sítio Jaqueira Agroecologia como instrumento de educação ambiental — Alegre, ES. In: VARNIER, E.; VIEIRA, L. H. S.; MENINI, L.; SILVEIRA, L. F. V.; SANTOS, M. C. P.; MEIRELES, R. C. (Org.). **Coletânea Multicampi de Trabalhos em Pesquisa, Extensão e Ensino: IFES Alegre, Itapina e Santa Teresa /– Curitiba: CRV, 2022. 186 p. (Coleção Produção Acadêmica – IFES em Rede, v. 1). 2022. p. 31-32.**

DEPUTADOS, Câmara dos. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9985-18-julho-2000-359708-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 13 out. 2017.

DIAS, M. G. A. **Educação ambiental: possibilidades para escolas do primeiro ciclo em Goiânia**. 2009. Disponível em: <[http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2611/1/Mirian\\_Goncalves\\_Araújo\\_Dias.pdf](http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2611/1/Mirian_Goncalves_Araújo_Dias.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2018.

DIEGUES, A. C. S. **O mito moderno da natureza intocada**. 2001. Disponível em: <[https://jornalgggn.com.br/sites/default/files/documentos/diegues\\_mito.moderno.natureza.intocada.pdf](https://jornalgggn.com.br/sites/default/files/documentos/diegues_mito.moderno.natureza.intocada.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2017.

FONSECA, T. S. da; POSSATTI, M. J. A.; XAVIER, S. A. B.; NOVAES, C. A. de; SOUZA, M. N. A trajetória da educação ambiental no Brasil e a reciclagem no município de Alegre - ES. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 69-98. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c2>

HENRY-SILVA, G. G. **A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica**. 2005. Disponível em:

<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/UC.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

IBAMA. **Legislação - Educação ambiental**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/educacao-ambiental/legislacao/educacao-ambiental-legislacao>>. Acesso em: 12 out. 2017.

IEMA - Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Educação Ambiental**. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/pepaz>. Acesso em: 08 set. de 2023.

MANETTA, B. A. R. et al. **Unidades de conservação**. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MEIRA, D. L. **Educação Ambiental**. 2011. Disponível em: <<http://www.cenedcursos.com.br/meio-ambiente/educacao-ambiental-processo/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Cobertura de unidades de conservação por Bioma e por Tipo (Proteção Integral e Uso Sustentável)**. 2010. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/219/\\_arquivos/texto\\_indicadores\\_uc\\_01fev11\\_219.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/219/_arquivos/texto_indicadores_uc_01fev11_219.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_arquivos/snuc\\_240.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_arquivos/snuc_240.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2023.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **O sistema nacional de unidades de conservação da natureza**. 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_publicacao/240\\_publicacao05072011052536.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_publicacao/240_publicacao05072011052536.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2017.

MACÊDO, E. C. das V. **Relação arte e educação ambiental no ensino médio: compreensão dos conflitos socioambientais da atividade de mineração na Mina do Morro do Ouro em Paracatu – MG**. 2022. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

MOREIRA, M. A. **Linguagem e aprendizagem significativa**. 2003. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MOTOKANE, M. T.; TRIVELATO, S. L. F. **Reflexões sobre o ensino de ecologia no ensino médio**. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/iienpec/Dados/trabalhos/G32.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

NEWS, ONU. **População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes**. 2017. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>>. Acesso em: 13 out. 2017.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

SILVEIRA, L. R da et al. **Utilização de trilhas interpretativas como ferramenta à percepção ambiental dos estudantes de engenharia ambiental da UFT\***. Disponível em: <<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/viewFile/2191/1352>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

SOCIOAMBIENTAL, ISA - INSTITUTO. **Monitoramento de UCs**. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/gestão/monitoramento-de-ucs>>. Acesso em: 13 out. 2017.

SOUZA, M. L. M. de; PINTO, A. C. **A importância da educação ambiental no ensino de ciências**. 2016. Disponível em: <<http://periodicos2.univasf.edu.br/index.php/revasf/article/view/916/628>>. Acesso em: 13 out. 2017.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **COP15 encerra com acordo histórico sobre biodiversidade**. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/cop15-encerra-com-acordo-historico-sobre-biodiversidade>. Acesso em: 08 set. 2023.

## 8. Anexo

### QUESTIONÁRIO 1

- 1) Você já ouviu falar em Educação Ambiental?
- 2) Para você, o que é Unidade de Conservação?

### QUESTIONÁRIO 2

1) Numa escala de um (pouco importante) a cinco (muito importante), que importância você daria a criação de unidades de conservação para preservação ambiental e sua utilização no ensino escolar?

1  2  3  4  5

2) Descreva com suas palavras o seu entendimento sobre as unidades de conservação a partir da palestra.

3) Como você avalia uma aula em uma unidade de conservação? Seria proveitosa?

---

## Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleira pós- Revolução Verde

Anderson Eduardo da Silva, Natália Cassa, João Sávio Monção Figueiredo,  
Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c7>

### Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre a interligação entre a cultura verde e a agroecologia, explorando os desafios enfrentados na produção sucroalcooleira após a "Revolução Verde". Pretende-se acerrar tanto os aspectos positivos quanto negativos dessa abordagem, relacionando sua origem, teoria e aplicação prática no campo, enquanto se considera o impacto das práticas agrícolas nas plantações de cana-de-açúcar. A "Revolução Verde", cujo conceito foi apresentado por William Grown em 1966, inicialmente visava utilizar a tecnologia como um meio para aprimorar a produtividade e a qualidade das colheitas agrícolas. Com o passar do tempo, entretanto, surgiram contradições e algumas das metodologias associadas se mostraram controversas. Diante dos impactos e externalidades identificados, a agroecologia emergiu como uma alternativa, visando compreender a complexa dinâmica do agroecossistema e promovendo a aplicação de práticas agrícolas reguladoras para conservação e expansão da biodiversidade. Essas práticas buscam abordagens mais sustentáveis e regenerativas, visando resolver problemas tais como degradação do solo, erosão, compactação e salinização, que frequentemente surgem de métodos agrícolas convencionais. Verificou-se que a abordagem da agroecologia demonstra ser mais eficaz em comparação à cultura da "Revolução Verde" em termos da redução dos impactos ambientais ao longo do processo de produção agrícola. Isso reflete um aprimoramento sustentável e benéfico para a biodiversidade, estabelecendo uma conexão mais harmoniosa entre o cultivo das lavouras e a produção em larga escala. Assim, este trabalho explora a transição da abordagem da "Revolução Verde" para a agroecologia, destacando as complexidades e desafios associados à produção sucroalcooleira. A agroecologia emerge como uma alternativa promissora que considera os ecossistemas naturais, visando a produção agrícola de maneira mais equilibrada e sustentável.

**Palavras-chave:** Agricultura. Agroecologia. Desenvolvimento. Impactos. Cana-de-Açúcar.

## 1. Introdução

De acordo com a análise de Albergoni e Pelaez (2007), a consolidação do capitalismo pós-guerra, ocorrida entre as décadas de 1960 e 1970, desencadeou a separação sistêmica entre sociedade e natureza, culminando no fenômeno conhecido como "Revolução Verde".

A base da Revolução Verde foi a concepção de que o uso da tecnologia poderia aprimorar a produção e a qualidade das plantações agrícolas. No entanto, ao longo dos anos, surgiram contradições e aspectos dessa abordagem se revelaram controversos. A dependência excessiva da tecnologia, a diminuição da biodiversidade natural, o uso de agrotóxicos poluentes, a contaminação do solo, a erosão e o assoreamento de rios são exemplos de problemas identificados nessa metodologia (CONWAY; BARBIER, 1990; DUTRA; SOUZA, 2022).

À luz dos impactos decorrentes da atual metodologia empregada na gestão agrícola, emergiram reflexões alternativas que conduziram à conclusão de que a incorporação de saberes tradicionais, outrora empregados por camponeses, poderia ser a abordagem mais eficaz para infundir valores e costumes alinhados aos princípios ecológicos (SOUZA, 2018).

Essa abordagem visa a redução ou mesmo eliminação dos danos causados pelo atual sistema agroalimentar. Essa perspectiva alternativa, reconhecida internacionalmente, ganhou o nome de "Agroecologia". A agroecologia se concentra na análise dos ecossistemas artificiais envolvidos nos processos de produção agrícola e manejo (SANTOS et al., 2014; SOUZA; FONSECA, 2023).

Conforme destacado por Santos et al. (2014), a abordagem agroecológica busca desenvolver projetos ecológicos tradicionais que harmonizem práticas de manejo, condições climáticas e demandas do mercado. Essa abordagem encontra um ponto de intersecção entre a agricultura orgânica e a convencional.

Tendo a agroecologia como o principal meio alternativo para corrigir e prevenir impactos sobre a biodiversidade, este trabalho tem como objetivo central correlacionar os aspectos da adoção de práticas da Revolução Verde e

da agroecologia como metodologias empregadas na agricultura de pequenas propriedades rurais.

Por meio de revisões bibliográficas, almeja-se identificar os impactos e os benefícios gerados pela execução dessas práticas agrícolas. A busca por esse conhecimento desempenha um papel fundamental na promoção da produção agrícola eficiente e na promoção de um aprimoramento sustentável que seja benéfico para a biodiversidade.

## **2. A Origem da Revolução Verde**

O termo "Revolução Verde", também conhecido como a "Revolução Industrial do Campo", foi cunhado por William Grown em 1966. No entanto, o estudo nessa área teve sua origem com o agrônomo Norman Borlaug na década de 1930. Trata-se de um processo de desenvolvimento direcionado para o setor agrícola, com o propósito de introduzir novas tecnologias para modificar as práticas agrícolas e rurais. Essas mudanças envolvem a implementação de ferramentas e metodologias voltadas para a expansão da produtividade (GUITARRARA, 2022).

A mecanização e o uso de agrotóxicos são exemplos desse processo. A aplicação dessas técnicas altera as estruturas do ambiente de produção e as relações de trabalho, resultando em dados que indicam um aumento favorável em comparação com as práticas anteriores empregadas pelos agricultores tradicionais (GUITARRARA, 2022).

A Revolução Verde teve um impacto significativo principalmente a partir dos anos da década de 1950 em países em desenvolvimento, enquanto em outros países se estabeleceu após a consolidação do capitalismo no período entre os anos das décadas de 1960 e 1970. Esse período foi caracterizado pela separação sistemática entre sociedade e natureza, o que deu origem ao processo conhecido como "Revolução Verde". Essa revolução representa uma mudança radical nas práticas agrícolas e pecuárias, visando ao desenvolvimento (ALBERGONI; PELAEZ, 2007).

## **2.1. Aspectos da Revolução Verde**

O cerne da Revolução Verde era fundamentado na ideia de que a tecnologia poderia ser utilizada como um catalisador de melhorias. Essa abordagem envolvia a exploração de métodos científicos que visavam aprimorar as práticas de manejo agrícola por meio de técnicas destinadas a aumentar a produção e elevar a qualidade das colheitas. Esse empreendimento científico representou um avanço significativo no campo agrário, trazendo consigo a introdução de insumos agrícolas, equipamentos e biotecnologia (ALBERGONI; PELAEZ, 2007; SOUZA; FONSECA, 2023).

Os insumos resultaram de investigações, culminando na criação de sementes mais resistentes às variações climáticas, fertilizantes, herbicidas, fungicidas e produtos químicos para aprimorar a qualidade do solo. Além disso, incluíram organismos geneticamente modificados (CONWAY; BARBIER, 1990; SOUZA, 2018; DUTRA; SOUZA, 2022).

A mecanização abrangeu a adoção de sistemas de irrigação e máquinas, como tratores, para tarefas como o manejo do solo, plantio e colheita, que antes eram executadas manualmente. A biotecnologia, por sua vez, envolveu estudos que resultaram na modificação de organismos em laboratórios, alinhados com o desenvolvimento agrícola. Isso se traduziu em melhorias nas sementes e na otimização das práticas de cultivo, inclusive para áreas previamente consideradas inviáveis (GUITARRARA, 2022).

O sucesso na aplicação dos princípios da Revolução Verde rendeu ao agrônomo Norman Borlaug o Prêmio Nobel em 1970, uma vez que suas pesquisas resultaram em um aumento notável na produção de alimentos. Essa conquista possibilitou a mitigação da fome ao instituir um sistema agroalimentar. No entanto, ao longo do tempo, surgiram contradições e aspectos controversos dessa metodologia, como a dependência excessiva da tecnologia, a diminuição da biodiversidade natural, o uso de agrotóxicos prejudiciais, a contaminação do solo, a erosão e o assoreamento de rios (GUITARRARA, 2022).

## **2.2. A Origem da Agroecologia**

Conforme apontado por Santos et al. (2014), a agroecologia é um campo de estudo científico voltado para a promoção da agricultura sustentável. Seu



objetivo principal é compreender a intrincada interação entre as atividades agrícolas e os ecossistemas nos quais elas ocorrem. A agroecologia visa aplicar práticas reguladoras que contribuam para a conservação e ampliação da biodiversidade nos sistemas agrícolas, ao mesmo tempo em que incorpora aspectos sociais, políticos, ambientais e éticos.

Embora o termo "Agroecologia" tenha suas origens nos anos da década de 1920, sendo inicialmente relacionado ao campo da Ecologia, foi somente a partir das iniciativas de agricultura alternativa nos anos da década de 1970 que esse conceito ganhou uma definição mais concreta e reconhecida no contexto brasileiro. Nesse período, o Brasil testemunhou o crescimento dos movimentos ecológicos, os quais desempenharam um papel crucial na consolidação e disseminação da Agroecologia como uma prática agrícola centrada na sustentabilidade e na harmonia com o meio ambiente (VAILATE; DE CARVALHO, 2021).

A ciência subjacente à agroecologia tem se desenvolvido em direção às metodologias agrícolas mais sustentáveis e regenerativas. Essas abordagens buscam resolver problemas persistentes, tais como a degradação do solo, a erosão, a compactação e a salinização, que são desafios decorrentes das práticas agrícolas excessivas que comprometem a capacidade produtiva do solo (SANTOS et al., 2014).

### **2.3. Aspectos da Agroecologia**

De acordo com as observações de Camargo (2018), o estudo da agroecologia tem como propósito desenvolver projetos ecológicos tradicionais, promovendo o avanço da agricultura por meio da consideração de práticas de manejo, características climáticas e demandas do mercado. Essa abordagem pode ser categorizada em agricultura orgânica e convencional.

Tanto no sistema orgânico quanto no convencional, a ênfase é colocada na otimização dos recursos naturais, respeitando a biodiversidade e mantendo a integridade socioeconômica. Essa abordagem enfatiza a implementação de práticas autossustentáveis, visando aumentar os benefícios enquanto reduz a dependência de agrotóxicos e insumos (CAMARGO et al., 2018).

Dentro da esfera da agroecologia, uma série de medidas são empregadas para otimizar os recursos naturais na propriedade (CAMARGO et al., 2018; MOREIRA-COSTA; SOUZA, 2022):

- ✓ Melhorar a fertilidade do solo por meio da ação benéfica de microrganismos;
- ✓ Utilizar compostagem para promover a reciclagem de resíduos orgânicos;
- ✓ Corrigir a composição do solo com nutrientes provenientes de fontes naturais como calcário calcítico e dolomítico;
- ✓ Promover e estabelecer a adubação verde;
- ✓ Praticar a rotação de culturas;
- ✓ Controlar pragas e doenças de métodos biológicos;
- ✓ Utilizar abordagens mecânicas para o manejo;
- ✓ Eliminar o uso de aditivos;
- ✓ Empregar biofertilizantes;
- ✓ Aplicar cobertura vegetal morta e viva no solo;
- ✓ Integrar a coexistência de agricultura, florestas, animais e mercado; e
- ✓ De maneira significativa, resgatar práticas tradicionais de plantio, visando fortalecer a conexão entre o homem e a terra.

### **3. Introdução a aspectos de produção sucroalcooleira**

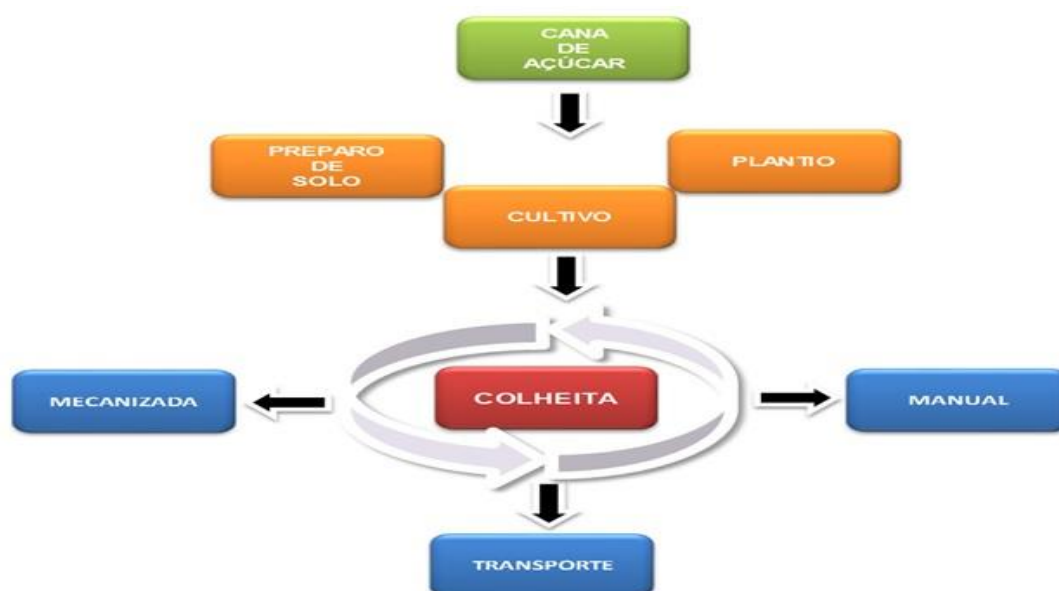
A história da cana-de-açúcar remonta à antiguidade, tendo tido seu primeiro contato com a humanidade registrado em Nova Guiné. No Brasil, sua introdução ocorreu em 1532, por intermédio de Martim Afonso de Souza, que trouxe a primeira muda de cana ao país. Inicialmente concentrada em alguns estados do Nordeste, a cultura da cana-de-açúcar rapidamente se expandiu, e em um curto período de 50 anos, o Brasil se tornou líder mundial na produção de açúcar (SILVA, 2017; RIBEIRO; BLUMER; HORII RIBEIRO, 1999).

No cenário brasileiro, a cana-de-açúcar assumiu um papel significativo como fator socioeconômico, servindo como base para três importantes produtos agroindustriais: açúcar, álcool e aguardente. Além disso, a produção da cana gera subprodutos e resíduos tais como o bagaço, que é uma fonte energética essencial para a indústria e a torna autossuficiente em energia. Outros subprodutos incluem a torta de filtro e a vinhaça, utilizados como adubos

alternativos, a levedura seca, com amplas aplicações na indústria alimentícia e de nutrição, e o óleo de fúsel<sup>6</sup>, aproveitado nas indústrias de tintas e solventes (SILVA, 2017).

A indústria sucroalcooleira utiliza os colmos maduros de cana-de-açúcar como matéria-prima, uma vez que esses colmos contêm os carboidratos de reserva necessários para a produção de açúcar e álcool. Os colmos são a fonte essencial que sustenta esse setor industrial (SILVA, 2017).

A sacarose contida nos gomos da cana é produzida no campo por meio da fotossíntese: para esse processo ocorrer, é necessária uma elaboração agrícola cuidadosa. As Figuras 1 e 2 apresentam um fluxograma que descreve as etapas da implantação de novos canaviais, incluindo a preparação do solo, o plantio, o cultivo e a colheita (RIBEIRO et al., 1999; SILVA, 2017).

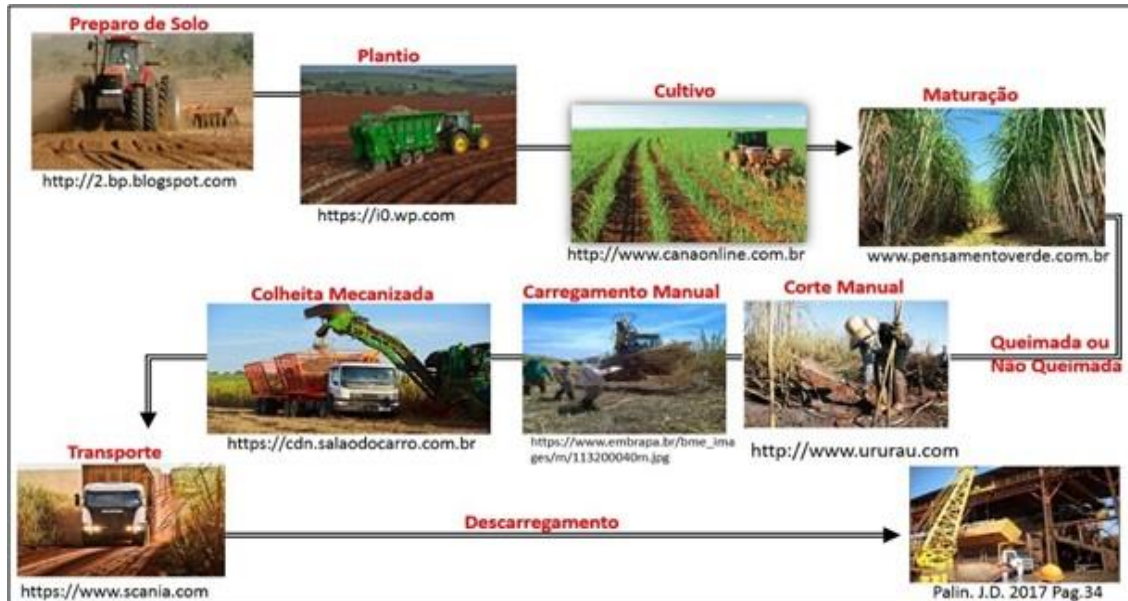


**Figura 1.** Fluxograma dos Processos do setor Agrícola. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

As composições químicas da cana-de-açúcar são notavelmente variáveis, pois estão sujeitas a uma série de influências e fatores, tais como as condições climáticas, as características físicas, químicas e microbiológicas do solo, o tipo

<sup>6</sup> Óleo fúsel ou álcool fúsel (alemão: fusel; “licor ruim”), são misturas de vários álcoois (principalmente álcool amílico), produzidos como subproduto da fermentação alcoólica.

de cultivo adotado, a variedade cultivada, o estágio de maturação e até mesmo a idade da planta.



**Figura 2.** Percurso Lavoura à Indústria. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

### 3.1. Preparo e Plantio

A etapa de preparo do solo na indústria sucroalcooleira é realizada por meio de máquinas especialmente projetadas e desenvolvidas para executar diversas atividades essenciais para a adequação da terra. Isso abrange uma série de tarefas, tais como aterramento, aração, aplicação de adubos e correção do nível do terreno. A utilização dessas máquinas é de suma importância, uma vez que elas desempenham um papel crucial na criação das condições ótimas para o cultivo saudável e eficaz da cana-de-açúcar.

Durante o processo de plantio, máquinas especializadas desempenham um papel fundamental ao inserir a cana no solo de maneira precisa e uniforme. Isso assegura um início saudável para o crescimento das plantas, contribuindo para um estabelecimento adequado das mudas. A aplicação de maquinário específico nesta etapa do processo de produção de cana-de-açúcar ressalta a importância da tecnologia na otimização dos procedimentos dentro da indústria sucroalcooleira.

Essa abordagem tecnológica não somente aumenta a eficiência das operações, mas também contribui para a qualidade do cultivo, garantindo que as

plantas iniciem seu crescimento em condições favoráveis. Portanto, o uso adequado e especializado de máquinas na preparação do solo e no plantio é um elemento essencial para o sucesso e a produtividade da indústria canavieira.

### **3.2. Tratos Culturais**

O processo de cultivo desempenha um papel crucial na preparação da cana-de-açúcar para atingir a maturação desejada, envolvendo uma série de práticas agrícolas estratégicas. Dentre essas práticas, a aplicação de herbicidas desempenha um papel significativo no controle de pragas e plantas invasoras que podem competir com a cana por recursos essenciais. Esses herbicidas desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde das plantas, permitindo que elas cresçam sem a interferência indesejada de concorrentes.

Além disso, uma prática crucial no processo de cultivo é a aplicação de corretivos, como o calcário, ao solo. Esse procedimento visa corrigir o pH do solo, tornando-o mais adequado para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Um pH equilibrado no solo é fundamental para a disponibilidade dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas. Dessa forma, a aplicação de corretivos contribui para um ambiente propício ao desenvolvimento saudável e produtivo da cultura de cana-de-açúcar.

Essas práticas agrícolas cuidadosamente planejadas durante o cultivo são fundamentais para garantir que as plantas de cana-de-açúcar tenham as condições ideais para crescer e atingir seu potencial máximo de produção. O uso de herbicidas para o controle de pragas e o emprego de corretivos para balancear o pH do solo são apenas algumas das estratégias empregadas para alcançar esse objetivo.

### **3.3. Colheita**

A colheita da cana-de-açúcar é dividida em duas categorias distintas: "Colheita Manual" e "Colheita Mecanizada", cada uma com suas próprias características e métodos.

**Colheita Manual:** Também conhecida como "cana inteira", nesse método, a cana é queimada antes da colheita e é colhida manualmente por trabalhadores. Eles realizam o corte dos ponteiros e dos pés das plantas, alinhando-as em montes. Em seguida, utilizando uma motocana, as plantas são depositadas nas carretas dos caminhões do tipo "Julietta". A colheita manual requer mão de obra intensiva e é um processo tradicionalmente usado na produção de cana-de-açúcar.

**Colheita Mecanizada:** Também conhecida como "cana picada", nesse método, a cana pode ou não ser queimada antes da colheita. Ela é colhida por máquinas chamadas de colhedoras, que realizam o corte da cana. Os pedaços colhidos têm tamanhos uniformes e são então direcionados para um caminhão transbordo, que por sua vez, transfere a cana colhida para as carretas. Esse processo automatizado é mais eficiente em termos de tempo e mão de obra.

Independente do método de colheita, o transporte desempenha um papel crucial no processo. Ele é responsável por levar a matéria-prima colhida da lavoura até o setor industrial. O transporte eficiente garante que a cana seja entregue com qualidade e em tempo hábil para os processos subsequentes na produção de açúcar, álcool e outros produtos derivados da cana-de-açúcar.

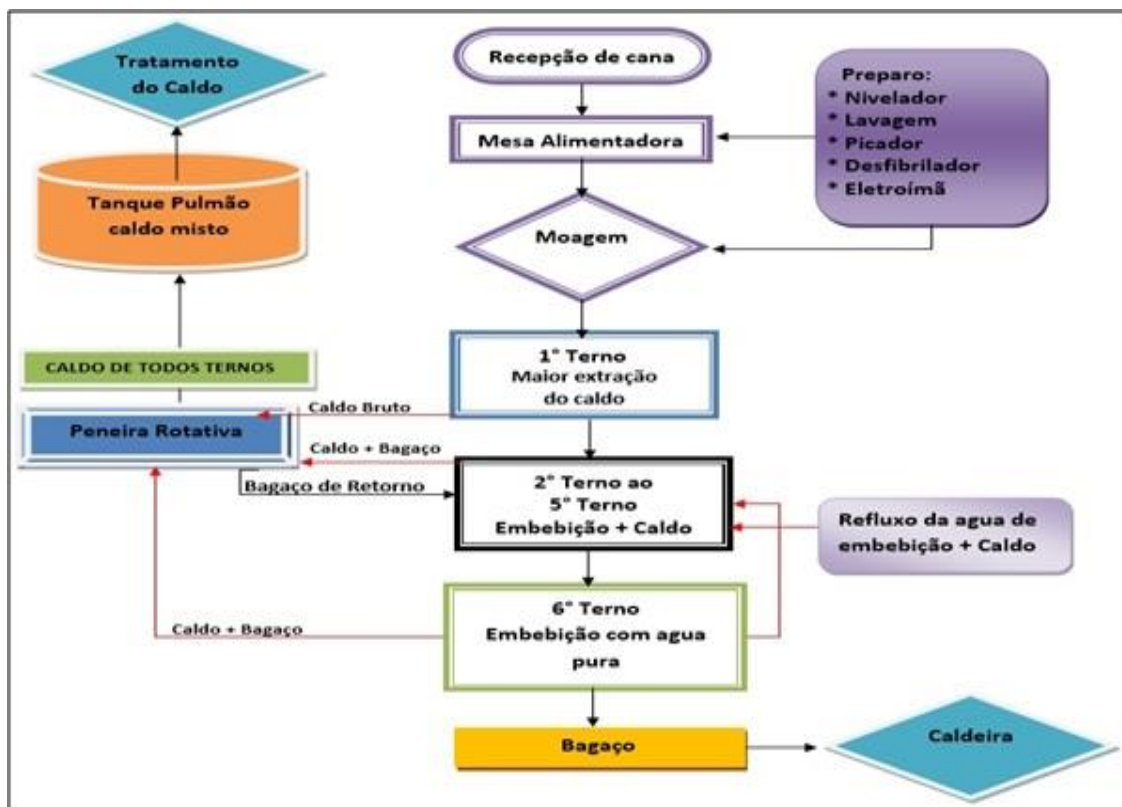
#### **4. Produção Industrial de Açúcar VHP, Álcool Anidro e Hidratado e seus Subprodutos**

O processo de produção é dividido em etapas que visam mensurar, análise prévia da matéria prima, extração, tratamento do caldo, transformação do caldo em açúcar e álcool e os seus subprodutos em decorrência do processo de fabricação (SILVA, 2017). A análise prévia é realizada no laboratório de sacarose, onde uma sonda rotativa oblíqua automatizada é responsável por realizar a coleta de amostras (Figura 3).

A extração do caldo da matéria-prima ocorre no setor da moenda. É um processo que envolve a separação do caldo das células de fibra do bagaço da cana. Esse procedimento é realizado por meio da aplicação de força e pressão, com a cana passando entre dois rolos (Figura 4).



**Figura 3.** Laboratório de sacarose. Fonte: [http://www.irbi.com.br/upload/imagens/real/img\\_sonda\\_04.jpg](http://www.irbi.com.br/upload/imagens/real/img_sonda_04.jpg).



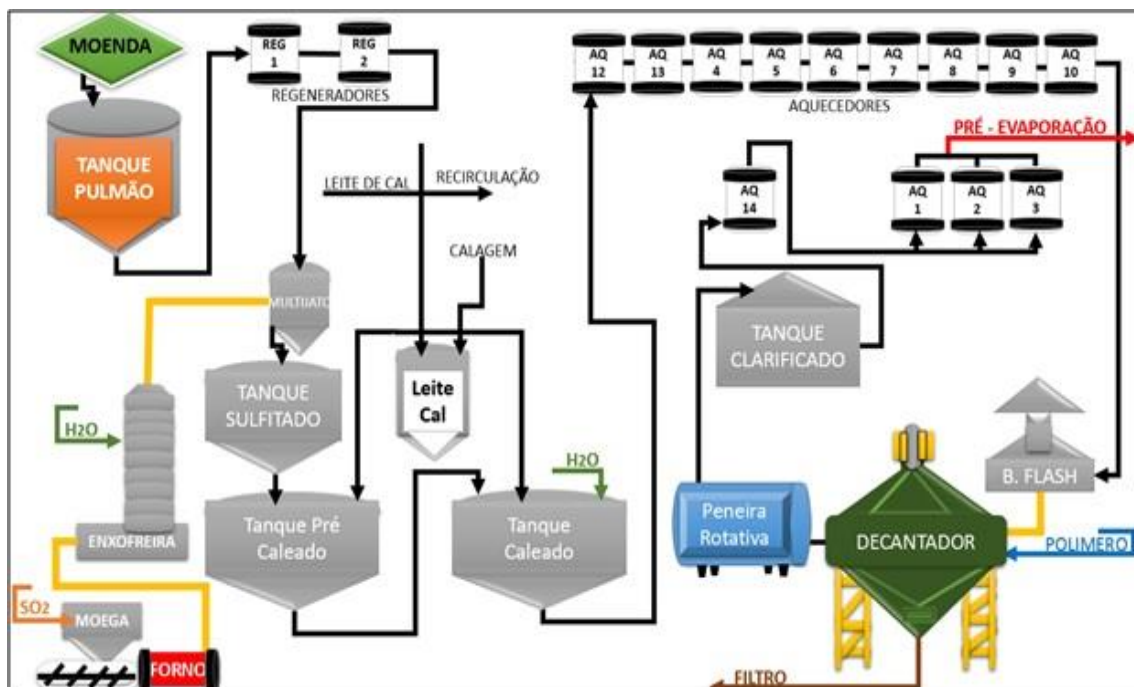
**Figura 4.** Fluxograma do processo de industrialização da cana-de-açúcar. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

Durante essa etapa, a cana é submetida à pressão e rotação dos rolos, o que resulta na extração do bagaço e do caldo de cana. O bagaço, que é a parte fibrosa restante da cana, é direcionado para uma esteira que o transporta até a caldeira, onde ele é utilizado como fonte de energia. Por outro lado, o caldo de cana extraído é direcionado para o setor de tratamento.

O processo de extração do caldo é fundamental para a produção de açúcar e álcool, uma vez que o caldo é a principal fonte de matéria-prima para esses produtos. Além disso, a extração eficiente do caldo é importante para maximizar o rendimento e a qualidade dos produtos finais.

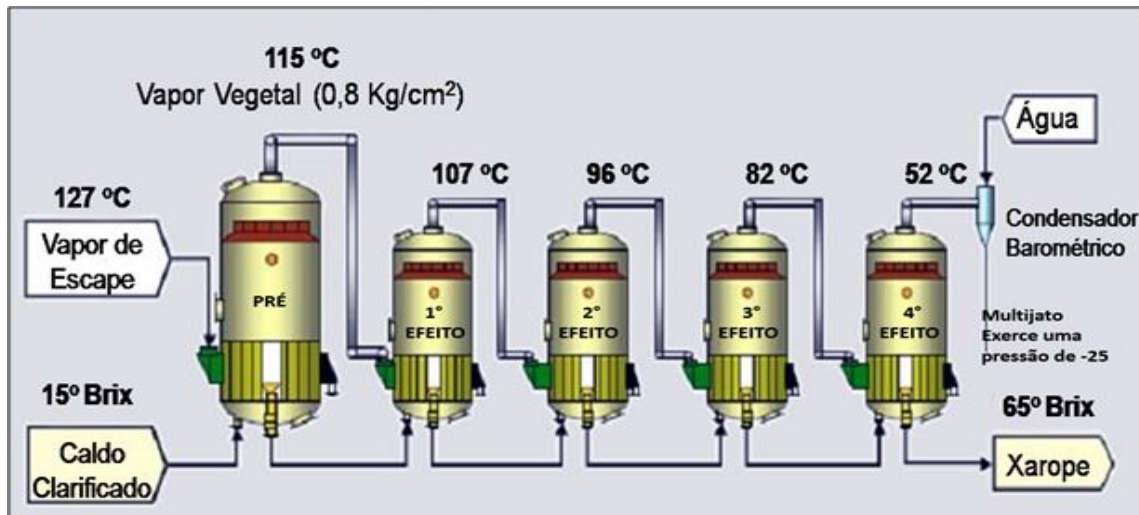
O tratamento de caldo é o setor responsável pela purificação, peneiração e clarificação do caldo de cana, tem por objetivo a remoção de impurezas contidas no caldo tais como a presença de bagaço, terra e quaisquer outros que interfiram na qualidade (Figura 5).

Silva (2017) ressalta que após o tratamento do caldo, este segue para o setor de evaporação. O principal objetivo deste processo consiste na eliminação de 70 a 80% de água contida no caldo que foi tratado e clarificado (Figura 6).



**Figura 5.** Funcionamento do Tratamento do Caldo. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.



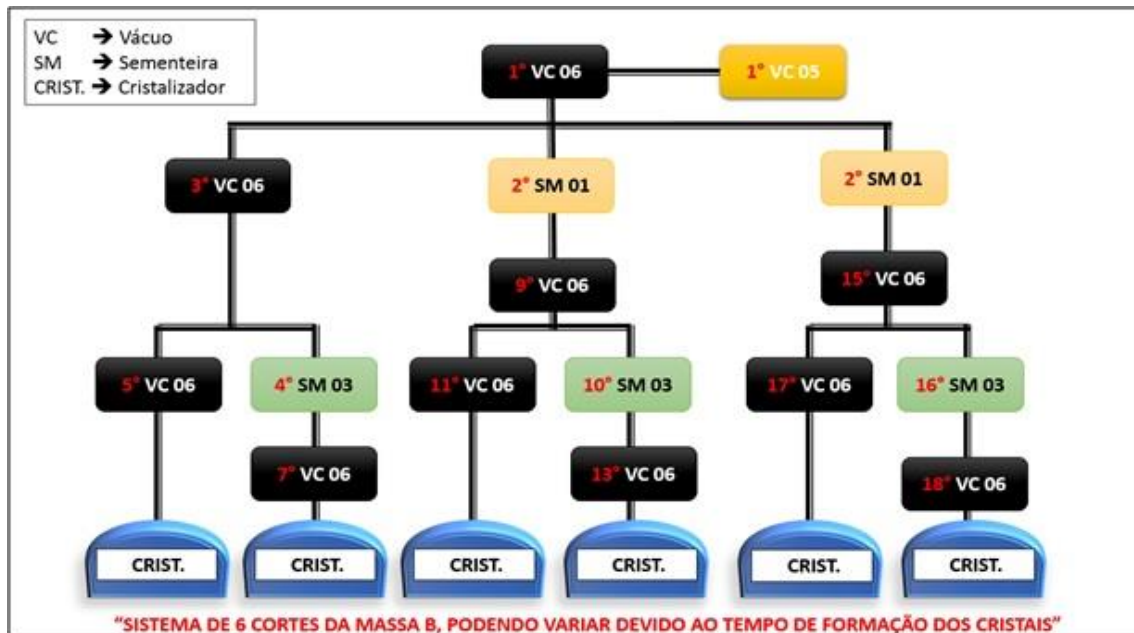


**Figura 06.** Sistema de evaporadores do Tipo Robert 2017. Fonte: [http://images.Slide player.com.br/46/11715578/slides/slide\\_24.jpg](http://images.Slide player.com.br/46/11715578/slides/slide_24.jpg).

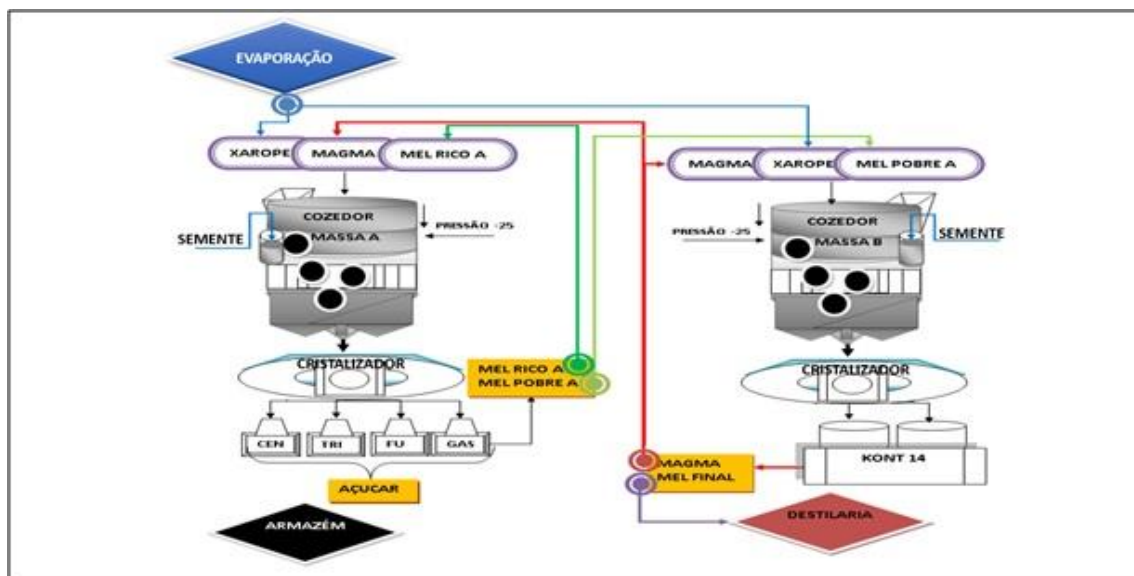
No final do processo, o caldo se acumula em uma caixa de xarope, e sua destinação dependerá da demanda da fábrica. O xarope pode ser enviado para alimentar os cozedores a vácuo. Nesse estágio do processo, o caldo, na forma de xarope, prossegue para outras etapas na fábrica (SILVA, 2017).

Para o aquecimento desse xarope, é utilizado vapor escapado que é proveniente dos geradores. Conforme o processo avança, ocorre a remoção da água por meio de evaporadores de múltiplos efeitos, gerando subprodutos como condensado e vapores vegetais classificados como V1, V2, V3 e V4 (Figura 6). Exceto pelo vapor V4, os outros vapores são direcionados para diversos setores da fábrica, onde são utilizados para limpeza de linhas de tubulação, aquecimento dos cozedores e torres de destilação para a produção de álcool (SILVA, 2017).

No setor da fábrica, o xarope obtido da evaporação chega com um teor de açúcar entre 63% e 65%. Caso esse valor, também conhecido como brix, seja superior, pode resultar em incrustações nos tanques e cozedores a vácuo. A etapa de preparação da massa para a fabricação do açúcar é um processo complexo, pois visa alcançar uma granulometria padrão do açúcar (Figuras 7 e 8) (SILVA, 2017).



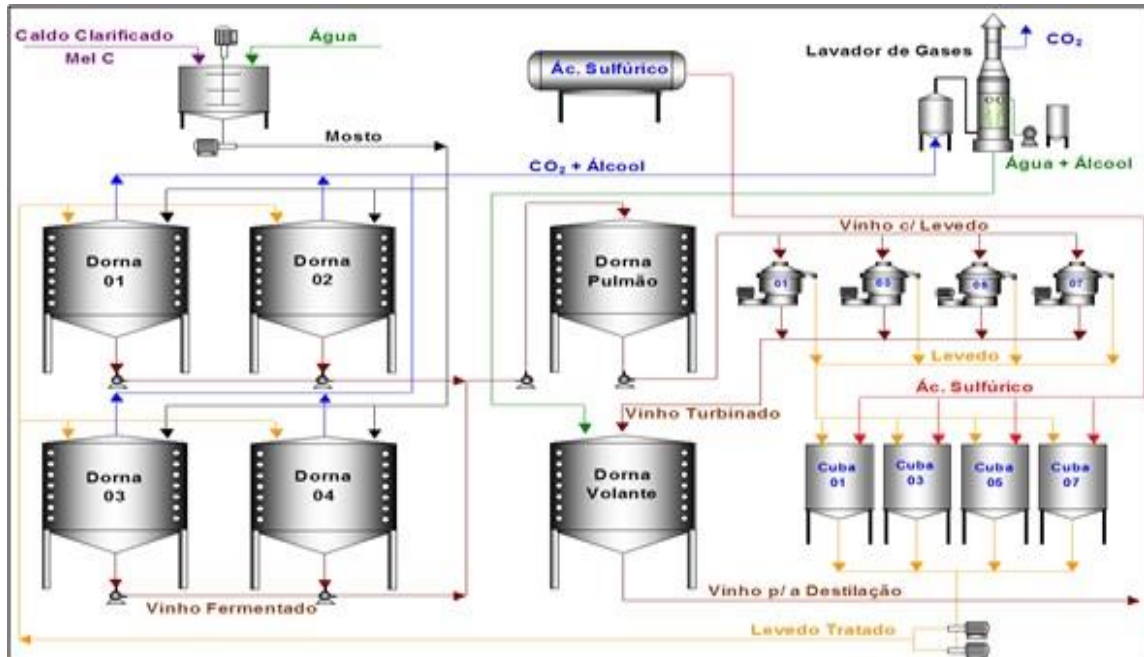
**Figura 7.** Fluxograma da Sequência dos Cortes para Massa B. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.



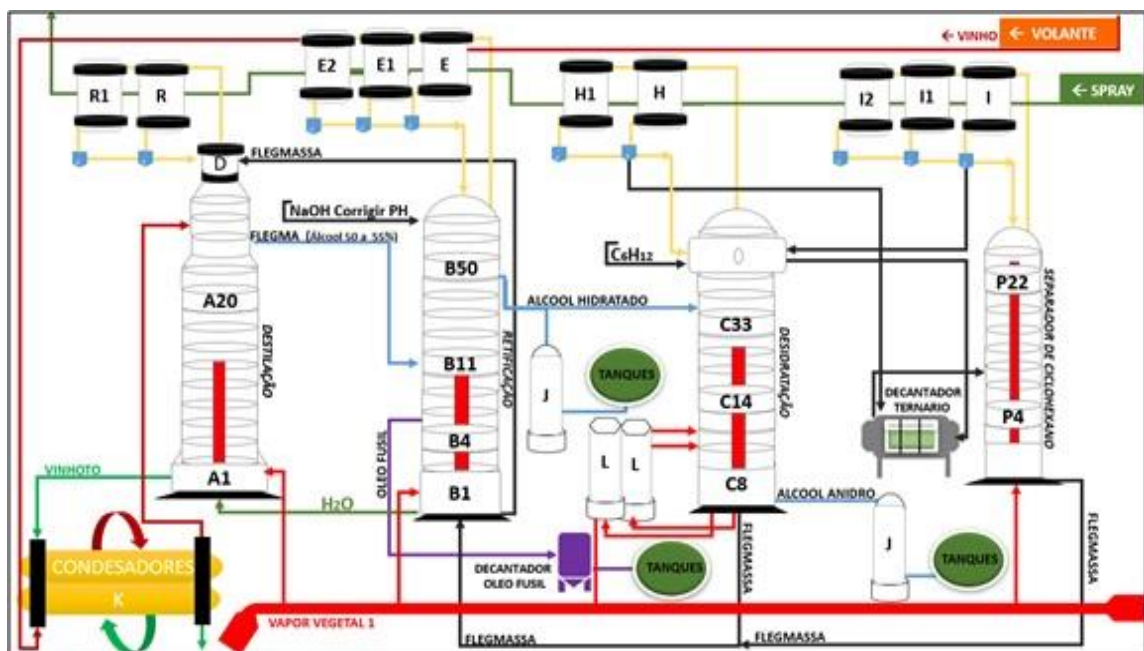
**Figura 8.** Processos de cozimento e cristalização efetuados na fábrica. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

De acordo com Silva (2017), após ser obtido, o açúcar passa por um processo de secagem e é então encaminhado ao setor de armazenamento, onde é preparado para o transporte. O subproduto final conhecido como "mel", que é gerado durante o processo, é direcionado para o setor de destilaria. Nesse setor,

ocorrem diversas etapas, incluindo o tratamento fermentativo, separação e transformação em álcool Anidro e Hidratado (Figuras 9 e 10).



**Figura 9.** Processo de secagem. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.



**Figura 10.** Setor de destilaria. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.

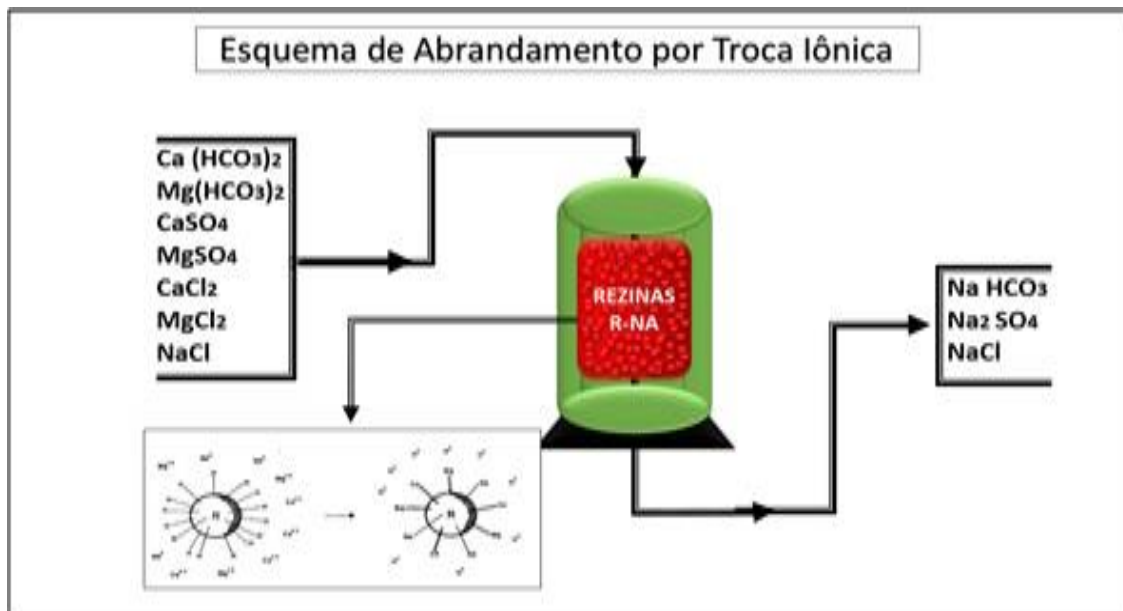
Conforme mencionado por Silva (2017), a água usada nas linhas de evaporação, bem como os resíduos produzidos durante o processo, são tratados

nos setores específicos de Estação de Tratamento de Afluentes (ETA) e Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

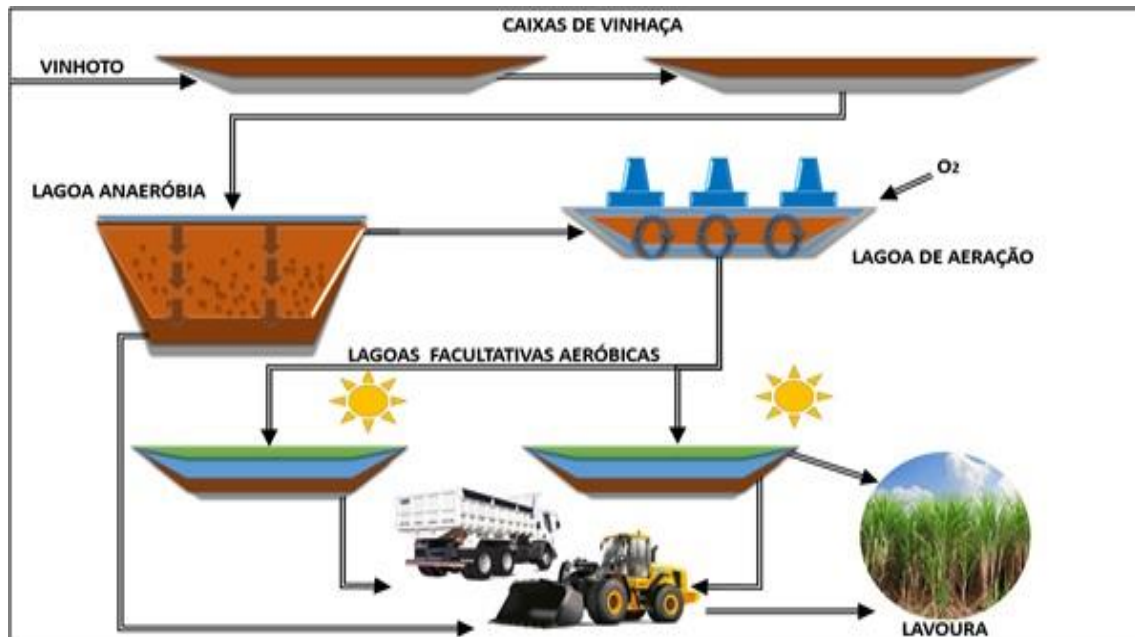
A operação da Estação de Tratamento de Afluentes é responsável por remover a matéria orgânica presente na água captada do rio. Isso é realizado por meio de processos como gradação, decantação (junto com floculação) e abrandamento. O abrandamento é importante para retirar íons de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), a fim de prevenir a formação de incrustações nos equipamentos e tubulações. Durante esse processo, resinas são usadas para realizar a troca de íons, substituindo íons de Cálcio ou Magnésio por íons de Sódio ( $\text{Na}^+$ ) ou Hidrogênio ( $\text{H}^+$ ). Quando essas resinas ficam saturadas, é realizado um processo de regeneração usando ácido (Figura 11).

Os resíduos provenientes do tratamento do caldo no tanque de decantação e a vinhaça resultante do processo de destilação são encaminhados para o tratamento de efluentes.

A estação de tratamento de efluentes é composta de duas caixas de vinhaça, e quatro lagoas sendo uma delas de decantação, de aeração e duas facultativas, que tratam a vinhaça que seguira por meio de canos em direção a lavoura atuando como fertilizantes (Figura 12).



**Figura 11.** Processo de regeneração. Fonte: Anderson Eduardo da Silva, 2017.



**Figura 12.** Estação de tratamento de efluentes. Fonte: Anderson E. da Silva, 2017.

### 3. Geração de Impactos e a abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar

A geração de impactos ambientais na produção de cana-de-açúcar é uma questão relevante devido às consequências que pode ter para o ecossistema e a sustentabilidade da agricultura. No contexto da agroecologia, de acordo com Xavier et al. (2023), buscam-se abordagens mais sustentáveis e equilibradas para minimizar esses impactos e promover práticas agrícolas mais harmoniosas com o meio ambiente.

Alguns aspectos a serem considerados sobre a importância dos impactos e a abordagem agroecológica no cultivo de lavouras, inclusive a cana-de-açúcar (FIGUEIREDO et al., 2022; FRANCISCHETTO et al., 2023; XAVIER et al., 2023):

- **Uso Sustentável dos Recursos Naturais:** o cultivo de cana-de-açúcar pode levar a problemas como a degradação do solo, a contaminação da água e a perda de biodiversidade. A abordagem agroecológica enfatiza o uso sustentável dos recursos naturais, promovendo práticas que conservam o solo, protegem os recursos hídricos e preservam a biodiversidade.

- **Redução de Agrotóxicos:** o uso excessivo de agrotóxicos na produção de cana-de-açúcar pode ter impactos negativos na saúde humana, nos ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como nos polinizadores e outros organismos benéficos. A abordagem agroecológica busca reduzir a dependência de agrotóxicos por meio do uso de práticas de manejo integrado de pragas, controle biológico e diversificação de culturas.
- **Conservação do Solo e Água:** o plantio convencional de cana-de-açúcar muitas vezes envolve práticas que podem levar à erosão do solo e à perda de nutrientes. A agroecologia promove técnicas de manejo que minimizam a erosão, como a rotação de culturas, o plantio direto e a utilização de cobertura vegetal morta, contribuindo para a conservação do solo e da água.
- **Promoção da Biodiversidade:** a monocultura de cana-de-açúcar pode resultar na perda de biodiversidade, já que reduz a variedade de plantas e habitats. A abordagem agroecológica incentiva a diversificação de culturas e a promoção de habitats naturais, o que pode atrair polinizadores, predadores naturais de pragas e outros animais benéficos.
- **Melhoria da Qualidade do Solo:** práticas agroecológicas como a adubação orgânica e o uso de técnicas de compostagem podem melhorar a estrutura e a fertilidade do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes.
- **Resiliência aos Impactos Climáticos:** a agroecologia também se concentra na adaptação às mudanças climáticas, promovendo práticas que aumentam a resiliência das culturas às variações climáticas, como estiagens e chuvas intensas.

Em suma, a adoção da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais associados a essa atividade. Ao priorizar práticas sustentáveis e equilibradas, a agroecologia busca garantir não apenas a viabilidade econômica, mas também a preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida das comunidades envolvidas.

### 3.1. Pragas e Controle

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas mais importantes em várias regiões do mundo, incluindo o Brasil, onde desempenha um papel significativo na produção de açúcar e etanol. No entanto, a sua produção enfrenta vários desafios, incluindo a ocorrência de pragas que podem causar danos significativos às plantações.

As principais pragas que assolam as lavouras da cana-de-açúcar são a broca, o percevejo-de-renda e cigarrinha-da-raiz.

**Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*):** a broca-da-cana é considerada uma das pragas mais prejudiciais da cultura da cana-de-açúcar. Suas larvas se alimentam do interior dos colmos, reduzindo a produtividade e afetando a qualidade da cana. Segundo Silva et al. (2019), a broca-da-cana pode causar perdas de até 30% na produção quando não controlada adequadamente.

**Percevejo-de-renda (*Mahanarva fimbriolata*):** o percevejo-de-renda é uma praga sugadora que se alimenta da seiva das plantas de cana-de-açúcar. Sua presença causa o amarelecimento das folhas e a redução no crescimento das plantas. De acordo com Souza et al. (2020), a infestação por percevejos pode levar a perdas significativas na produção de cana-de-açúcar.

**Cigarrinha-da-raiz (*Mahanarva posticata*):** a cigarrinha-da-raiz é uma praga que ataca as raízes das plantas de cana-de-açúcar, causando a morte das mesmas. Segundo Oliveira et al. (2018), a infestação por cigarrinhas pode resultar em perdas de até 50% na produtividade da cana.

As principais estratégias de controle de pragas utilizadas são: controle natural, controle biológico e controle químico, além do monitoramento e tomada de decisão para um realizar um controle efetivo dentro da lavoura de cana-de-açúcar.

**Controle cultural:** O controle cultural envolve práticas agrícolas que visam reduzir o impacto das pragas na cultura da cana-de-açúcar. Isso inclui medidas como o plantio de variedades resistentes, o manejo adequado da palhada, o uso de rotação de culturas e a destruição de restos de cultura após a colheita.

Segundo Costa et al. (2021), o controle cultural pode ser eficaz na redução da infestação de pragas, contribuindo para a sustentabilidade da produção.

**Controle biológico:** o controle biológico consiste na utilização de seres vivos como ferramenta para regular as populações de pragas presentes na cultura da cana-de-açúcar. Isso envolve, por exemplo, a introdução deliberada de inimigos naturais, como predadores e parasitoides, que se alimentam das pragas, contribuindo assim para o seu controle. De acordo com um estudo realizado por Santos et al. (2022), o controle biológico tem demonstrado ser uma abordagem altamente promissora para o manejo das pragas que afetam a produção de cana-de-açúcar. Essa estratégia apresenta vantagens significativas, uma vez que é uma alternativa de baixo impacto ambiental e mais alinhada com princípios de sustentabilidade.

**Controle químico:** o controle químico compreende a utilização de substâncias como inseticidas e outros produtos químicos, com o propósito de suprimir ou reduzir as populações de pragas. No entanto, essa abordagem deve ser empregada com prudência, aderindo estritamente às diretrizes técnicas e protocolos de segurança estabelecidos. De acordo com um estudo conduzido por Rodrigues et al. (2017), o controle químico pode se revelar eficaz quando implementado de maneira apropriada. No entanto, é imperativo acompanhar de perto a possibilidade de resistência das pragas aos produtos químicos utilizados. Nesse sentido, é fundamental adotar a rotação de diversos princípios ativos como parte da estratégia de manejo.

**Monitoramento e tomada de decisão:** O monitoramento regular das pragas da cana-de-açúcar é essencial para identificar a presença e o nível de infestação. Isso permite tomar decisões adequadas em relação ao momento e ao tipo de controle a ser aplicado. Segundo Ferreira et al. (2014), o uso de tecnologias como armadilhas e sistemas de alerta pode auxiliar no monitoramento eficiente das pragas.

### 3.2. Impactos dos produtos utilizados no manejo

A produção de cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental na atividade agrícola. No entanto, a má gestão das pragas, doenças e plantas



invasoras pode levar a um uso excessivo de produtos químicos, resultando em potenciais impactos e externalidades negativas para o meio ambiente e para a saúde humana.

✓ **Impactos ambientais causados por produtos químicos:**

O emprego de agroquímicos no manejo da cana-de-açúcar pode resultar na contaminação do solo, da água e do ar. De acordo com pesquisas realizadas por Silva et al. (2019), a aplicação inadequada de herbicidas pode provocar a contaminação de aquíferos e cursos d'água, comprometendo a qualidade da água e a vida aquática. Além disso, a utilização de inseticidas pode ter efeitos prejudiciais sobre a fauna benéfica, como abelhas e outros polinizadores, conforme apontado por Silva e Lima (2020).

✓ **Impactos na saúde humana:**

A exposição aos produtos químicos empregados no manejo da cana-de-açúcar pode acarretar riscos à saúde humana. Estudos indicam que trabalhadores rurais envolvidos na aplicação de agroquímicos estão expostos a substâncias tóxicas, o que pode culminar em problemas respiratórios, dermatológicos e, em situações mais graves, até mesmo em doenças como o câncer, como mencionado por Pereira et al. (2018).

A crescente preocupação com a geração de impactos ambientais na produção de cana-de-açúcar demanda a adoção de soluções mais sustentáveis para o setor. É crucial explorar alternativas que minimizem o uso de produtos químicos e que promovam práticas de manejo menos impactantes ao meio ambiente, a fim de preservar a resiliência dos ecossistemas e a segurança da saúde humana.

### **3.3. Fertirrigação por vinhaça**

A fertirrigação utilizando vinhaça é amplamente reconhecida como uma prática agrícola que envolve a aplicação de resíduos líquidos resultantes da produção de álcool e açúcar, com o propósito de fornecer nutrientes às plantas.

Esse método tem sido particularmente benéfico para a cultura da cana-de-açúcar, aproveitando seu potencial como fonte de nutrientes essenciais e abordando a gestão adequada dos subprodutos industriais.

Conforme descrito por Oliveira et al. (2019), a vinhaça possui uma composição altamente nutritiva, contendo elementos essenciais para o crescimento das plantas, incluindo nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. A aplicação da vinhaça via fertirrigação permite uma pronta disponibilidade desses nutrientes às culturas, resultando em melhorias significativas na produtividade agrícola.

Nascimento et al. (2019) destacam que essa prática contribui para o fechamento do ciclo de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos sintéticos. Além disso, a fertirrigação utilizando vinhaça produz impactos e externalidades positivos, tais como a recuperação de solos degradados, o aumento dos níveis de matéria orgânica no solo e a melhoria na retenção de água e nutrientes. No contexto agroecológico, essa abordagem oferece um potencial significativo para a promoção de práticas de manejo sustentável do solo e da cultura da cana-de-açúcar.

Portanto, a fertirrigação por meio da aplicação de vinhaça emerge como uma estratégia valiosa não apenas para a otimização da produtividade agrícola, mas também para a adoção de princípios sustentáveis no âmbito do cultivo de cana-de-açúcar.

### **3.4. Geração de resíduos industriais**

Resíduos industriais se referem aos subprodutos ou materiais descartados decorrentes das atividades industriais, incluindo aquelas associadas ao cultivo de plantações de cana-de-açúcar.

Conforme observado por Silva (2017), esses resíduos podem variar em composição e nos impactos ambientais que causam, mas geralmente englobam elementos como vinhaça, bagaço de cana, torta de filtro, cinzas, entre outros. A gestão adequada desses resíduos assume uma importância crucial para prevenir efeitos negativos tanto no ecossistema quanto na saúde humana.

### 3.5. Soluções agroecológicas

Para mitigar os impactos associados aos produtos empregados no manejo da cultura da cana-de-açúcar, é crucial explorar abordagens alternativas com um enfoque sustentável. O controle biológico emerge como uma estratégia altamente promissora nesse contexto. De acordo com Santos et al. (2021), a utilização de agentes de controle biológico, como predadores e parasitoides naturais, tem a capacidade de reduzir a dependência dos inseticidas químicos convencionais.

Além disso, práticas de manejo integrado de pragas, como a rotação de culturas e o cultivo de variedades resistentes, desempenham um papel significativo na minimização do uso de agroquímicos, como observado por Melo e Oliveira (2019).

As pragas constituem um desafio substancial na produção de cana-de-açúcar, afetando tanto a produtividade quanto a qualidade da safra, conforme mencionado por Silva et al. (2020).

A adoção do controle integrado de pragas, que engloba estratégias variadas como controle cultural, biológico, químico e monitoramento, é essencial para um manejo pragmático e sustentável das pragas que afetam a cana-de-açúcar, conforme descrito por Melo et al. (2020).

Investir em pesquisas contínuas para o desenvolvimento de novas técnicas e abordagens no controle de pragas é fundamental para reduzir os impactos negativos e promover uma produção mais sustentável.

Para abordar os impactos provenientes da geração de resíduos industriais, o princípio de fechamento de ciclos emerge como uma solução decisiva. Isso envolve a reutilização dos resíduos gerados como insumos no próprio processo produtivo agrícola, promovendo a reciclagem dos nutrientes e evitando seu descarte inadequado. Conforme ressaltado por Gonçalves et al. (2016), a reciclagem de resíduos orgânicos, como vinhaça e bagaço de cana, por meio da compostagem, desempenha um papel significativo na melhoria da fertilidade do solo e na redução da dependência de fertilizantes químicos.

Os produtos utilizados no manejo da cultura da cana-de-açúcar podem desencadear impactos consideráveis no meio ambiente e na saúde humana. Assim, é imperativo buscar alternativas sustentáveis, como o controle biológico e o manejo integrado de pragas, com o intuito de diminuir a dependência de agroquímicos e mitigar os efeitos negativos.

Dessa forma, a adoção da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar não apenas contribui para a redução dos impactos ambientais, mas também promove benefícios socioeconômicos, gerando uma produção mais sustentável e socialmente justa. Entretanto, a implementação dessas práticas exige a participação de diversos atores, tais como produtores, pesquisadores, governos e comunidades locais, bem como a disseminação do conhecimento e a troca de experiências.

Conforme destacado por Pinto et al. (2020), a agroecologia visa integrar princípios ecológicos, sociais e econômicos na agricultura, com o objetivo de produzir alimentos de maneira sustentável, preservando a biodiversidade e promovendo a equidade social.

#### **4. Análise sistêmica entre revolução verde e práticas agroecológicas**

É incontestável que o avanço tecnológico trouxe substanciais melhorias para a agricultura durante a era da Revolução Verde, especialmente em relação à economia dos países em que foi implantada. No entanto, surgem controvérsias acerca dos impactos resultantes e de certos desafios enfrentados pelos pequenos agricultores.

À medida que a expansão da industrialização agrícola avançou territorialmente, as demandas por terras aumentaram, levando a uma série de processos, aspectos e impactos ambientais. Por exemplo, o desmatamento, a degradação dos recursos hídricos, a compactação do solo e a contaminação por agrotóxicos tornaram-se mais pronunciados (SOUZA, 2018; GUITARRARA, 2022).

Com o aumento da produção, a expansão e comercialização passaram a estar cada vez mais direcionadas para o mercado de exportação, gerando uma maior dependência entre as áreas rurais e urbanas. Isso implica que grande

parte da tecnologia e dos investimentos necessários para a produção agrícola provém das áreas urbanas (ALBERGONI; PELAEZ, 2007).

Guitarrara (2022) observa que à medida que os maquinários foram substituindo a mão de obra humana, a demanda por trabalhadores diminuiu, tornando-se necessário empregar pessoal especializado para operar as máquinas agrícolas. No entanto, muitos pequenos produtores enfrentaram dificuldades em se adaptar a esses requisitos tecnológicos, resultando em falências ou na venda de suas propriedades a agricultores com maior poder aquisitivo. Aqueles trabalhadores rurais e agricultores, que não puderam se ajustar a essa nova realidade de produção frequentemente se viram obrigados a abandonar suas terras e migrar para centros urbanos em busca de novas fontes de renda.

A agroecologia surge como uma abordagem que busca mitigar os impactos ambientais e revitalizar a agricultura de pequena escala, por intermédio do desenvolvimento de projetos ecológicos tradicionais. Isso implica na incorporação de práticas de manejo que considerem fatores climáticos e as demandas do mercado, criando uma ponte entre a agricultura orgânica e a convencional. A abordagem busca resgatar princípios tradicionais enquanto integra as atuais necessidades de mercado (CAMARGO et al., 2018; XAVIER et al., 2023).

Portanto, o progresso tecnológico na agricultura trouxe avanços, mas também desafios significativos, particularmente para os pequenos agricultores. O surgimento da agroecologia como uma alternativa busca abordar tanto as preocupações ambientais quanto as questões socioeconômicas, inerentes à produção agrícola moderna.

## **5. Considerações finais**

A análise abrangente dos estudos bibliográficos revelou que tanto a Revolução Verde quanto a agroecologia têm como objetivo abordar os desafios inerentes ao sistema agroalimentar. Contudo, a agroecologia emerge como uma abordagem mais eficaz na redução dos impactos ambientais negativos e nos problemas socioeconômicos associados à produção agrícola. Ela oferece uma

abordagem sustentável que beneficia a biodiversidade em empresas sucroalcooleiras ao longo de todas as etapas do cultivo de cana-de-açúcar, contribuindo para o aprimoramento da cadeia produtiva de açúcar e álcool.

A crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes do cultivo de cana-de-açúcar exige soluções mais sustentáveis. Nesse contexto, a abordagem agroecológica tem se destacado como uma alternativa promissora. Possibilita a adoção de práticas de manejo integrado de pragas, diversificação de cultivos, redução do uso de agroquímicos e promoção da biodiversidade. Essas práticas não somente reduzem os impactos negativos sobre o meio ambiente, mas também preservam a saúde dos trabalhadores rurais e aprimoram a qualidade de vida das comunidades locais.

O monitoramento regular das pragas que afetam a cana-de-açúcar, utilizando tecnologias como armadilhas e sistemas de alerta, desempenha um papel essencial nesse processo. Esse monitoramento fornece informações precisas sobre a presença e intensidade das infestações de pragas. Esses dados são fundamentais para tomar decisões informadas sobre o momento e o tipo de controle a ser implementado, maximizando a eficácia das ações e minimizando os impactos ambientais.

A implementação da abordagem agroecológica no cultivo de lavouras de cana-de-açúcar não apenas contribui para a redução dos impactos ambientais, mas também oferece vantagens socioeconômicas, promovendo uma produção mais sustentável e equitativa. Contudo, a adoção dessas práticas requer a colaboração de diversos atores, incluindo produtores, pesquisadores e governos, bem como a disseminação do conhecimento e a troca de experiências.

Em resumo, os estudos indicaram que a agroecologia se destaca como uma abordagem mais eficaz em comparação com a Revolução Verde no que diz respeito à redução dos impactos ambientais durante a produção agrícola. Isso realça a natureza sustentável e benéfica à biodiversidade da agroecologia, abrangendo desde o plantio das lavouras até a produção em escala industrial.

## 6. Referências

ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. **Revista de Economia**, Repositório Institucional - UFPR, v. 33, ed. ISSN 0556-5782 | e-ISSN 2316-9397, p. 31-53, Junho 2007.

DOI <http://dx.doi.org/10.5380/re.v33i1.8546>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/8546>. Acesso em: 26 set. 2022.

CAMARGO, E. F.; HATA, F. T.; BEGA, V. L.; GONZAGA, G. F.; FREITAS, F.; SPAGNUOLO, F. A.; VENTURA, M. U. Agroecologia na Universidade Estadual de Londrina: Integrando Ensino, Pesquisa e Extensão. In: OLIVEIRA, A. L. M. de. **Cadeia Produtiva de Alimentos e Produtos Orgânicos**. 1. ed. Londrina: UEL, 2018. cap. VII, p. 1-94. ISBN 978-85-7846-475-2. Disponível em: <http://www.uel.br/cca/dcta/pages/arquivos/Livro%20Org%C3%A2nicos.pdf>. Acesso em: 28 set. 2022.

CONWAY, G. R.; BARBIER, E. B. **After the green revolution: sustainable agriculture for development**. Earthscan Publications: London, 1990.

COSTA, J. V.; SILVA, J. L.; SILVA, E. G.; BEZERRA, L. C. M. Controle cultural de pragas da cana-de-açúcar. **Revista Agro@ambienteOn-line**, v. 15, n. 2, p. 152-159, 2021.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. O. Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos: Brazilian Savanna, green revolution and the evolution of pesticides consumption. **Sociedade & Natureza**, SCIELO Brasil, ano 2017, v. 29, n. 3, p. 473-488, 2 maio 2022. DOI <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/TBHxkV4MshvP3Sd4K7tJ5mG/?lang=pt>. Acesso em: 27 set. 2022.

FERREIRA, W. P. M.; PICANÇO, M. C.; MORAIS, E. G. F. (Eds.). Pragas da cana-de-açúcar: **Ecologia e Manejo Integrado**. Viçosa: Editora UFV. 2014.

FIGUEIREDO, J. S. M.; VARDIERO, L. G. G.; XAVIER, S. A. B.; SILVA, M. A. B. da; ARAUJO, O. P.; PEIXOTO, P. M. C.; PERON, I. B.; OLIVEIRA, F. S. de; SOUZA, M. N. Agroecologia como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 99-126. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c3>

FRANCISCHETTO, B. de M.; SANTANA, C. I.; OLIVEIRA, P. P. S.; PÁSCHOA, J. C. V. da; MENDONÇA, P. P.; ZACARIAS, A. J.; EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c4>

GONÇALVES, J. L. et al. Uso da vinhaça na agricultura: vantagens e desvantagens ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 20, p. 925-930, 2016.

GUITARRARA, P. **Revolução Verde: origem da revolução verde**. MUNDO EDUCAÇÃO, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-revolucao-verde.htm#:~:text=Em%20conjunto%20com%20pesquisadores%20locais>,

principal%20nome%20da%20Revolu%C3%A7%C3%A3o%20Verde. Acesso em: 22 set. 2022.

MELO, R. et al. **Monitoramento e controle integrado de pragas da cana-de-açúcar**. Embrapa Informação Tecnológica, Comunicado Técnico 221. 2020.

MELO, T. M.; OLIVEIRA, V. R. Manejo integrado de pragas da cana-de-açúcar. **Cana-de-Açúcar em Foco**, v. 8, n. 3, p. 14-19, 2019.

MOREIRA-COSTA, W; SOUZA, M. N. Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Mérida Publishers. v. 4, cap. 4, p. 126-150, 2022.

NASCIMENTO, C. W. et al. Fertirrigação com vinhaça: manejo e perspectivas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 1-10, 2019.

OLIVEIRA, F. A. et al. Aplicação de vinhaça como fertilizante e sua influência na produção de biomassa vegetal. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, n. 9, p. 106-113, 2019.

OLIVEIRA, V. R.; GARCIA, J. M.; SILVA, L. L.; BEZERRA, J. E. F. Controle da cigarrinha-das-raízes da cana-de-açúcar (*Mahanarva posticata*) com inseticidas sistêmicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 119-124, 2018.

PEREIRA, R. F.; ALVES, E. O.; SOUSA, P. C. Impactos dos agrotóxicos na saúde dos trabalhadores rurais: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, n. 20, p. e11953, 2018.

PINTO, G. et al. Agroecologia: Uma abordagem sustentável para a produção agrícola. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 3, p. 7-15, 2020.

RIBEIRO, C. A. F. G.; BLUMER, S. A.; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: tecnologia do açúcar**. 1999. 70 f. Monografia (Especialização em tecnologia do açúcar) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ", Piracicaba, 1999.

RODRIGUES, M. R.; SOARES, J. J.; MELLO, R. N.; VIANA, J. L.; SERAPHIM, L. F. Controle químico de pragas da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina. 2017. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/issue/view/50>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SANTOS, A. C.; SOUZA, C. A.; VILELA, M.; CAMPOS, T. M. Controle biológico de pragas da cana-de-açúcar. **Anais...** Congresso Brasileiro de Entomologia. Fortaleza, 2022. Disponível em: <[https://cbe2022.com.br/files/anais\\_final.pdf](https://cbe2022.com.br/files/anais_final.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SANTOS, A. C.; SOUZA, C. A.; VILELA, M.; CAMPOS, T. M. Controle biológico de pragas da cana-de-açúcar. **Anais...** Congresso Brasileiro de Entomologia, 34, e20223275. 2021.



SANTOS, C. F. et al. **A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar**. Ambiente & Sociedade [online]. 2014, v. 17, n. 2 Acessado 1 Outubro 2022], p. 33-52. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200004>>. 06 Ago 2014. ISSN 1809-4422. Acesso em: 28 dez. 2022.

SILVA, A. B.; LIMA, E. M. Impactos ambientais e efeitos da aplicação de agroquímicos na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 15, p. 218-231, 2020.

SILVA, A. E. **Estágio Supervisionado em Química Industrial** – Usina Sucroalcooleira Santa Terezinha de Ivaté-PR, Unidade IV, Umuarama, 2017.

SILVA, D. A.; OLIVEIRA, V. R.; CARVALHO, L. B. Contaminação de água subterrânea por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 23, p. 492-496, 2019.

SILVA, J. et al. Pragas e doenças da cana-de-açúcar e seu controle. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 15, p. 189-195, 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 378 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 376 p.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

VAILATI, P. H.; CARVALHO, M. M. X. da. Agroecologia no Brasil: história e polissemia de um conceito. **Princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**, p. 63, 2021.

XAVIER; S. A. B.; MOREIRA; T. B. R.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON; I. B.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c3>

## CAPÍTULO 8

---

### **Cultivo de batata-doce irrigada com águas residuárias tratada em pequenas propriedades rurais no semiárido**

Patrícia Ferreira da Silva, Maurício Novaes Souza, Rigoberto Moreira de Matos, Monique Moreira Moulin, Natália Cassa

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c8>

#### **Resumo**

Considerando as vantagens proporcionadas pelo reuso de água no setor agrícola, mesmo que haja o potencial risco de contaminação associado a essa prática, sua aplicação na irrigação de cultivos de batata-doce emerge como uma alternativa viável para a economia de água, sem comprometer a produtividade. Apesar de a batata-doce ser uma cultura resistente, a adoção da irrigação contribui para aumentar significativamente sua produtividade. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar o cultivo de batata-doce irrigada com água residuária tratada em pequenas propriedades rurais localizadas em regiões semiáridas. Este trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica abrangente, realizada por meio de pesquisas em *sites* e fontes confiáveis, como o *Google Acadêmico*, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), livros, Scielo e *Science Direct*, no período de 1997 a 2022. A utilização de água de qualidade inferior se apresenta como uma alternativa viável para o cultivo de batata-doce em regiões semiáridas. Além disso, o emprego de águas residuárias tratadas pode contribuir para a redução dos custos com fertilizantes químicos. É importante ressaltar que são necessários estudos bacteriológicos aprofundados para analisar a presença de contaminantes nas batatas-doces irrigadas com águas de reuso, visando assegurar a qualidade e a segurança dos produtos cultivados sob essa prática.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L. Raiz tuberosa. Reuso. Sustentabilidade. Agricultura familiar.

## 1. Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.) é uma planta dicotiledônea, popularmente conhecida por diversos nomes, tais como batata-da-terra, batata-da-ilha, jatica e jetica. Essa raiz apresenta uma ampla diversidade de variedades, que se distinguem por características como formato, tamanho, coloração, precocidade, além das nuances das folhas e flores (BASÍLIO *et al.*, 2022).

Desempenha importante papel como alimento para populações de várias regiões do mundo. Além disso, em um cenário mundial de constante crescimento populacional e de insegurança alimentar, sua eficiência produtiva garante elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos (FILGUEIRA, 2008).

A espécie, originária da América do Sul, destaca-se por sua notável facilidade de adaptação e cultivo. É amplamente apreciado em todo o país, ocupando uma posição de destaque de consumo pela população brasileira, especialmente na região Nordeste, onde seu cultivo é mais relevante. Além de suas qualidades gastronômicas, essa cultura assume uma relevância social, desempenhando um papel fundamental no fornecimento alimentar das populações de baixa renda (FAO, 2016).

De acordo com Melo *et al.* (2009) a batata doce é um alimento rico em energia, minerais, vitaminas A, C e do complexo B, podendo ser consumida assada, cozida, frita e como subproduto. Considerado um alimento rico em betacaroteno, componente este que proporciona o aumento da imunidade, diminuição de doenças degenerativas, tais como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular.

No entanto, em regiões de escassez hídrica como o nordeste do Brasil, nota-se grandes perdas na produção agrícola das culturas, em especial aquelas que necessitam de irrigação, sendo necessária a busca de alternativas que otimizem recursos para a agricultura irrigada (REBOUÇAS *et al.*, 2010; PUTTI *et al.*, 2014).

De acordo com Ribeiro, Sandri e Boêno (2013) e Lópes-Mata *et al.* (2010), uma das estratégias que podem ser adotadas é a utilização de água de qualidade inferior para irrigação dos cultivos, sendo que os fatores propulsores

para o reuso agrícola no Brasil e no mundo são decorrentes da alta produção de esgotos, os fatores climáticos, a urbanização, a expansão agrícola, a industrialização e o desenvolvimento socioeconômico.

A utilização de efluentes tratados nas áreas de cultivo sob irrigação contribui para o controle da poluição ambiental, reuso do recurso hídrico, além de disponibilizar água e nutrientes para as culturas, despontando com uma prática economicamente viável, visto que reduz a quantidade de nutrientes fornecidos via adubação. Essa descarga de forma controlada de efluentes aplicada via sistema de irrigação, tende a suprir as necessidades da cultura; no entanto, é dependente das condições do solo, planta, aspectos sanitários, ambientais e do próprio efluente como quantidade de nutrientes minerais presentes em sua constituição (OLIVEIRA et al., 2013; RIBEIRO; SANDRI; BOÊNO, 2013;).

Diversos estudos demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas irrigadas com água residuária, desde que estas culturas sejam adequadamente manejadas (SOUZA; MOREIRA; COELHO, 2010; FREITAS et al., 2014).

Objetivou-se com esse trabalho estudar o cultivo de batata-doce irrigado com água residuária tratada em pequenas propriedades rurais no semiárido. Trata-se de uma pesquisa documental em termos metodológicos, segue um paradigma bibliográfico, uma vez que foi realizada uma análise da teoria de várias literaturas.

Para este trabalho de pesquisa bibliográfica, utilizou-se da metodologia descrita por Tupich et al. (2017). Nesse sentido, os dados para análise foram resultantes de pesquisas em periódicos científicos, leituras de artigos já publicados em plataformas acadêmicas digitais, tais como: *Scholar Google*; *Google acadêmico*, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e livros, *Scielo* e *Science Direct*. Destaca-se ainda que se optou por trazer uma abordagem com trabalhos compreendidos entre 1997 a 2022.

Foram utilizadas as seguintes *strings* de busca: “reuso” and “batata-doce”, “semiárido” and “cultivo de batata-doce”, “escassez” and “água”, “efeito da água de reuso” and “batata-doce”, “efeito sanitário” and “consumo de batata-doce”.

Os critérios para inclusão sobre o uso de água residuária no cultivo de batata-doce foram:

- ✓ Trabalhos que tratam sobre considerações gerais a respeito da cultura da batata doce;
- ✓ Escassez e reuso de água no semiárido;
- ✓ Efeito da irrigação com água residuária em plantas; e
- ✓ Aspectos econômicos e sanitários do reuso.

O fluxo de seleção de referências foi realizado, conforme descrito por Lima et al. (2017), utilizando-se o *software Mendeley*.

## 2. Considerações gerais sobre a cultura da batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma planta herbácea, originária do continente americano, da família das convolvuláceas (*Convolvulaceae*)<sup>7</sup>, de raízes tuberosas, largamente usadas na alimentação humana e animal (FILGUEIRA, 2008). Segundo Rós, São João e Silva (2016), essas raízes são ricas em carboidratos, fornecendo em cada 100 gramas, 116 calorias, sendo fonte de vitamina A, vitaminas do Complexo B e sais minerais como cálcio, fósforo e ferro (LI et al., 2014).

As raízes tuberosas podem ser utilizadas sob diversas formas na alimentação humana, animal, matéria-prima na indústria, para produção de doces, pães, álcool e amido de alta qualidade, este último utilizado na produção de tecidos, papel, cosméticos, adesivos e glucose (OLIVEIRA et al., 2007).

Destaca-se que a cultura tem adquirido grande importância para a indústria de álcool e derivados, obtendo-se uma maior produção por hectare do que outras culturas tradicionalmente utilizadas para tal finalidade, como a cana-de-açúcar e o milho (OKADA et al., 2019). Desta forma, o cultivo de batata-doce direcionado para a produção de etanol é considerada uma excelente alternativa para a produção de biocombustíveis e consequentes diversificações da matriz energética brasileira e mundial (CANTOS-LOPES et al., 2017)

---

<sup>7</sup> A família *Convolvulaceae* possui 422 espécies em todo Brasil.

De acordo com Echer, Dominato e Creste (2009) a batata-doce possui dois tipos de raiz: a tuberosa (Figura 1), que constitui a principal parte de interesse comercial. Forma-se desde o início do desenvolvimento da planta, sendo facilmente identificada pela maior espessura, pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos nós. A raiz absorvente é responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo: formam-se a partir do meristema cambial, tanto nos nós, quanto nos entrenós.



**Figura 1.** Raiz tuberosa de batata-doce. Fonte: Miranda et al., 1995.

Villordon et al. (2009) em seus estudos relatam que as temperaturas adequadas para o plantio da batata-doce variam com média de 20° a 24°C, sendo que temperaturas abaixo de 10°C interferem de forma negativa no rendimento agrônômico, considerada como espécie tolerante à seca, com umidade ideal de 500 a 1000 mm anuais de chuvas.

É considerada uma hortaliça de clima tropical e subtropical, com ciclo de 4 a 5 meses, de fácil cultivo e ampla adaptação a regiões áridas e semiáridas, sendo cultivada em pequenas propriedades voltadas para agricultura do modelo de produção familiar, em geral, com baixa tecnificação, com custos de produção relativamente baixos e elevada produção de biomassa (RÓS; SÃO JOÃO; SILVA, 2016).

De acordo com dados do FAO (2016), os maiores produtores mundiais de batata-doce são a China, Indonésia, Índia e Japão. Na América do Sul o Brasil é

o principal produtor, correspondendo a uma produção anual de 595.977 toneladas, obtidas em uma área plantada de 44.742 hectares, sendo que maior parte dessa produção é oriunda de pequenas propriedades familiares. A batata-doce é considerada uma cultura negligenciada dentro dos recursos genéticos vegetais de potencial alimentício, sendo de extrema importância a conservação *on farm*<sup>8</sup>, realizada pelos produtores rurais, além de possibilitar autonomia dos mesmos e promoção da segurança alimentar.

Dentre os estados que fazem parte do semiárido brasileiro, o estado da Paraíba possui uma área plantada de mais de 6 mil ha, com produção de aproximadamente 60 mil t ano<sup>-1</sup> e rendimento médio 9.030 kg ha<sup>-1</sup>, a importância produtiva é em função da geração de emprego e renda, contribuindo para fixação do homem no campo, além de evitar a perda de materiais tradicionais (IBGE, 2016).

### 3. Escassez e reuso de água no semiárido

De acordo com o MapBiomias (2021), em 30 anos 15,7% da superfície de água do Brasil desapareceu. O estado mais afetado foi o Mato Grosso do Sul com 57% de todo o recurso hídrico foi perdido desde 1990. Nesse estado, essa redução ocorreu basicamente em um dos biomas mais importantes do País – o Pantanal (Figura 2).

Após Mato Grosso do Sul, completam as três primeiras posições da lista: Mato Grosso, com perda de quase 530 mil hectares; e Minas Gerais, com saldo negativo de mais de 118 mil hectares.

Cabe considerar que grande parte dos pontos de maior redução, encontra-se próximo às fronteiras agrícolas: sugere que o aumento do consumo e a construção de represas em fazendas, que provocam assoreamento e fragmentação da rede de drenagem, trazem prejuízos para a própria produção (MapBiomias, 2021).

---

<sup>8</sup> A conservação *on farm* apresenta como particularidade o fato de envolver recursos genéticos, especialmente variedades crioulas, cultivadas por agricultores, especialmente pelos pequenos agricultores, além das comunidades locais, tradicionais ou não e populações indígenas, detentoras de grande diversidade de recursos.



**Figura 2.** Área recém-alagada pelo ciclo das águas do Pantanal. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2014.

Para Voivodic, diretor executivo do WWF-Brasil, citado por esses mesmos autores, a pesquisa é um recado para os "tomadores de decisões de que é preciso mudar imediatamente essa trajetória de degradação que o Brasil tem escolhido". Ele destaca que a criação de reservatórios em propriedades particulares é um dos pontos mais preocupantes. Voivodic acrescenta: "quando a gente vê a discussão no Congresso sobre a flexibilização dos requisitos de licenciamento ambiental, não estão sendo considerados os cuidados que precisam ao serem feitas barragens dentro de propriedades privadas que causam perdas (para as bacias)".

De acordo com Mantovani (Comunicação pessoal, 2021)<sup>9</sup>, esta questão de redução da superfície das águas está muito mais relacionada às mudanças climáticas, ao desmatamento e às mudanças das classes de uso do solo. Poderá afetar de forma significativa a irrigação! De acordo com essa mesma fonte, nos dias atuais, há de se trabalhar com uma perspectiva mais ampla de uso eficiente da água verde (chuva), que na irrigação se associa a água azul para produzir mais e melhor (kg/l ou kg/m<sup>2</sup>).

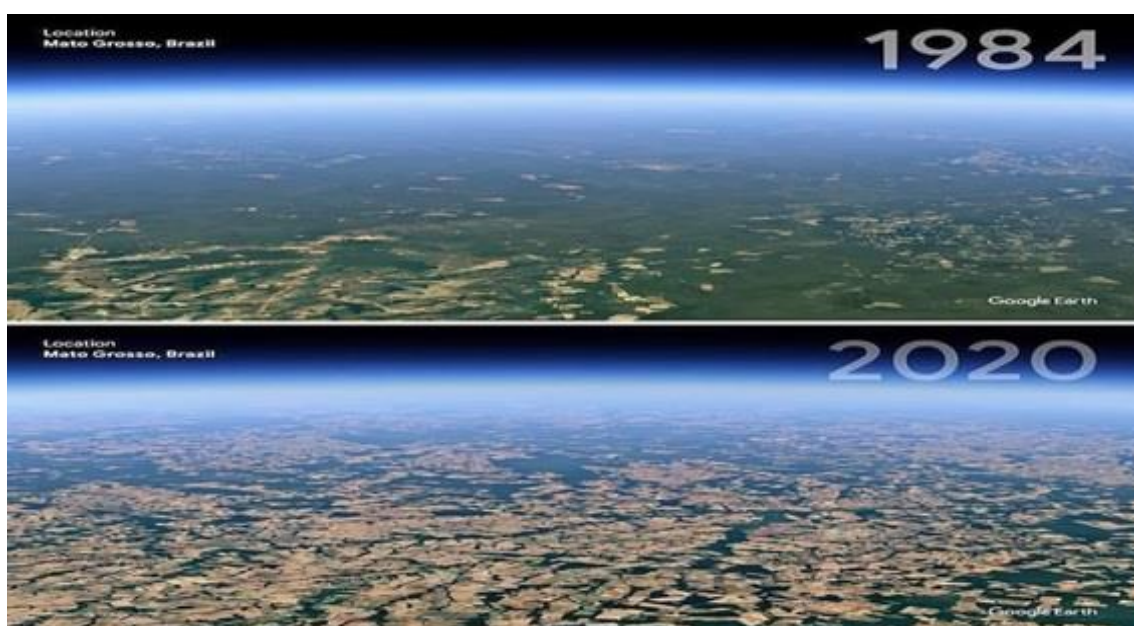
---

<sup>9</sup> Mantovani, E. C. **Redução das águas de superfície**. Professor da UFV e Presidente da ABIC – Associação Brasileira de Irrigação, 2023.



De acordo com essa mesma fonte, não se trata da questão de "pegada hídrica", que é um conceito importante para balizar ações, mas tirada do contexto poderá impelir a sociedade contra os produtores irrigantes, de forma não criteriosa. Mantovani afirma: fundamental, também, é a adoção e uso de outorga sazonal e variável, definida em função de disponibilidade (medida e prevista). Há de se priorizar, ainda, programas de retenção de água na fazenda (solo e reservatórios, este último, deverá armazenar águas verdes, ou seja, águas de chuva).

O fato é que todos os biomas brasileiros foram afetados e suas perdas mensuradas em pesquisa inédita do MapBiomas (2021), projeto que reúne universidades, organizações ambientais e empresas de tecnologia. Ao todo, 3,1 milhões de ha de superfície de água desapareceram, o equivalente a mais de uma vez e meia de todo o recurso hídrico disponível no Nordeste em 2020 (Figura 3).



**Figura 3.** Cobertura vegetal no Mato Grosso nos anos de 1984 e 2020. Fonte: Tempo.clima.brasil (2021).

A diminuição da superfície de água no Brasil pode ser atribuída a várias causas, muitas das quais estão relacionadas às atividades humanas e às mudanças climáticas. Algumas das principais razões incluem (MENEGUZZO;

CHAICOUSKI, 2010; SOUZA, 2015; 2018; MapBiomass, 2021; SOUZA, 2021; 2021c):

✓ Desmatamento: O desmatamento de florestas, especialmente na Amazônia, pode reduzir a quantidade de água disponível, uma vez que as árvores desempenham um papel fundamental na retenção de água e na manutenção dos ecossistemas aquáticos.

✓ Agricultura e pecuária: A expansão da agricultura e da pecuária muitas vezes envolve o desmatamento de áreas florestais e a conversão de terras úmidas em áreas agrícolas. Isso pode levar à diminuição da disponibilidade de água, pois a irrigação e a drenagem de terras podem afetar os recursos hídricos.

✓ Urbanização: O crescimento urbano desordenado, com a impermeabilização do solo devido à construção de edifícios e estradas, pode resultar em um aumento do escoamento superficial da água, diminuindo a recarga de aquíferos e a disponibilidade de água subterrânea.

✓ Mudanças climáticas: As mudanças climáticas podem afetar os padrões de chuva e a disponibilidade de água em diferentes regiões do Brasil. Secas prolongadas e chuvas irregulares podem levar à diminuição dos recursos hídricos.

✓ Poluição da água: A poluição da água por resíduos industriais, esgoto não tratado e produtos químicos agrícolas pode tornar a água imprópria para uso e reduzir a quantidade de água de boa qualidade disponível.

✓ Má gestão dos recursos hídricos: A falta de planejamento e gestão adequados dos recursos hídricos pode levar ao uso excessivo e à degradação dos corpos d'água.

✓ Barragens e represas: A construção de barragens e represas para geração de energia e abastecimento de água pode alterar significativamente os ecossistemas aquáticos e a disponibilidade de água em determinadas áreas.

É importante notar que esses problemas estão interconectados e podem ter efeitos cascata sobre os recursos hídricos. A preservação e a gestão sustentável dos recursos hídricos são essenciais para enfrentar esses desafios e garantir a disponibilidade de água para as gerações futuras. Isso envolve a adoção de práticas mais sustentáveis em relação ao uso da terra, à gestão da

água e à redução das emissões de gases de efeito estufa para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

O processo cíclico de uso da água na agricultura pode causar a diminuição da superfície hídrica? O fato é que o processo cíclico de uso da água na agricultura, conhecido como ciclo hidrológico, normalmente não diminuiria permanentemente a superfície hídrica, pois a água é usada na agricultura e posteriormente retorna à natureza por meio da evaporação, precipitação e infiltração no solo. No entanto, existem maneiras pelas quais a agricultura pode contribuir indiretamente para a diminuição da superfície hídrica, especialmente quando praticada de maneira insustentável ou em grande escala. Algumas considerações (MENEGUZZO; CHAICOUSKI, 2010; SOUZA, 2015; 2018; **MapBiomass, 2021**; SOUZA, 2021; 2021c):

✓ **Irrigação excessiva:** O uso excessivo de irrigação em áreas agrícolas pode resultar em uma demanda insustentável de água subterrânea e superficial, levando à diminuição do nível das águas subterrâneas e até mesmo à secagem de rios e lagos locais.

✓ **Desmatamento associado:** Muitas vezes, o desmatamento está relacionado à expansão da agricultura. Quando áreas florestais são convertidas em terras agrícolas, a capacidade de retenção de água das florestas é perdida, o que pode afetar negativamente o equilíbrio hidrológico local.

✓ **Uso de produtos químicos:** O uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas na agricultura pode levar à contaminação da água superficial e subterrânea, tornando-a inadequada para o consumo humano e prejudicando os ecossistemas aquáticos.

✓ **Desvio de cursos d'água:** Em alguns casos, para fins de irrigação, a água é retirada diretamente de rios ou lagos, o que pode reduzir significativamente o fluxo de água nesses corpos d'água e afetar negativamente a biodiversidade e a disponibilidade de água para outros usos.

✓ **Erosão do solo:** A má gestão agrícola, como o cultivo em encostas íngremes ou o uso inadequado de práticas de conservação do solo, pode resultar em erosão do solo e no carreamento de sedimentos para corpos d'água, o que pode reduzir a qualidade da água e afetar negativamente os ecossistemas aquáticos.

Portanto, embora o ciclo hidrológico em si não cause diminuição permanente da superfície hídrica, as práticas agrícolas inadequadas ou insustentáveis podem contribuir para problemas relacionados à água, como escassez e degradação da qualidade da água, que, por sua vez, afetam a disponibilidade e a qualidade da água em uma região. É importante adotar práticas agrícolas sustentáveis e políticas de gestão da água para mitigar esses impactos negativos.

Segundo MapBiomas (2021), das 12 regiões hidrográficas brasileiras, oito (8) revelam hoje os efeitos do desmatamento, da mudança de uso do solo, da mudança climática e da destruição de mananciais, refletido na crise hídrica que afeta o meio ambiente e a geração de energia elétrica. Para esses mesmos autores, nesse ritmo, um quarto (25%) de redução da superfície de água do Brasil se dará antes de 2050.

Em função desses fatos, e de práticas como a apresentada na Figura 4, é notável o crescente incentivo por práticas agrárias mais conscientes, principalmente aquelas atreladas ao desenvolvimento do agronegócio no Brasil, vindo favorecer não somente o meio ambiente, mas também aumentar a produtividade das empresas e diminuir os gastos futuros.



**Figura 4.** Área desmatada sendo preparada, incorretamente, para formação de pastagem. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2018.

Todavia, ainda é muito comum o desprezo pelas leis ambientais, principalmente quando a fiscalização é ineficiente e sequer realiza as devidas punições frente aos crimes ambientais no país (MENEGUZZO, 2010), ou quando se realiza tais punições, são relativamente brandas, com medidas de reparação não colocadas em prática, fazendo com que aquela área degradada nunca seja, de fato, recuperada (SOUZA, 2021b).

A região semiárida brasileira se caracteriza pela irregularidade pluviométrica, com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres em matéria orgânica (ALMEIDA; SILVA, 2008). Contudo, deve-se atentar para a qualidade da água utilizada na irrigação dessa região, tanto em águas superficiais como subterrâneas ou em açudes de pequeno e médio porte (superficiais) e poços (água subterrâneas) (MATOS et al., 2015).

O reúso reduz consideravelmente a demanda sobre os mananciais de água doce em decorrência da substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países, é baseada no conceito de substituição de mananciais. Nesse sentido, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza efluentes tratados (DANTAS et al., 2014).

O reúso da água desempenha um papel fundamental na redução significativa da demanda sobre os mananciais de água doce. Isso ocorre devido à substituição da água potável por uma fonte de qualidade inferior para determinados fins, como a irrigação em cultivos agrícolas. Essa prática, amplamente discutida e já adotada em vários países, está fundamentada no conceito de substituição de mananciais, o que significa que grandes volumes de água potável podem ser preservados e direcionados para usos mais críticos.

No contexto da agricultura, a importância da irrigação é inegável. Uma irrigação adequada desempenha um papel fundamental na maximização da produção de culturas, assegurando a segurança alimentar e atendendo às crescentes demandas por alimentos em todo o mundo. No entanto, essa prática requer quantidades substanciais de água, o que gera uma pressão adicional sobre os recursos hídricos disponíveis (SOUZA, 2015; 2018).

Contudo, tem-se observado que o armazenamento de água em propriedades rurais, como açudes e represas, pode ter impactos tanto positivos quanto negativos na disponibilidade hídrica e na qualidade da água, e a importância dessas estruturas pode variar dependendo das práticas de gestão e da localização geográfica. Alguns pontos a considerar (SOUZA, 2015; 2018; 2021; 2021c):

➤ **Impactos Positivos do Armazenamento de Água:**

✓ **Aumento da disponibilidade hídrica:** O armazenamento de água pode fornecer uma fonte adicional de água para irrigação, uso doméstico e criação de animais, o que pode ser particularmente importante em áreas propensas a secas.

✓ **Redução de inundações:** Em algumas áreas, represas e açudes podem ajudar a controlar inundações, armazenando água durante períodos de chuvas intensas e liberando-a gradualmente.

✓ **Melhoria na qualidade da água:** A água armazenada em represas e açudes pode ter uma qualidade melhor do que as águas superficiais em rios e riachos, pois pode ser mais protegida da contaminação por sedimentos e poluentes.

➤ **Impactos Negativos do Armazenamento de Água:**

✓ **Assoreamento:** A construção de represas e açudes pode, ao longo do tempo, levar ao acúmulo de sedimentos, causando o assoreamento dessas estruturas. Isso reduz a capacidade de armazenamento e pode diminuir a eficácia dessas estruturas ao longo do tempo.

✓ **Fragmentação de habitats:** Represas e açudes podem fragmentar a rede de drenagem natural, separando corpos d'água e afetando o movimento de espécies aquáticas. Isso pode ter impactos negativos na biodiversidade aquática e na saúde dos ecossistemas aquáticos.

✓ **Efeitos sobre o fluxo de água:** O controle do fluxo de água por meio de represas pode afetar os regimes de fluxo de rios e riachos a jusante, o que pode ser prejudicial para os ecossistemas aquáticos e as comunidades que dependem desses sistemas.

Portanto, a importância do armazenamento de água em propriedades rurais depende da gestão adequada dessas estruturas. Práticas de manejo que levam em consideração os impactos ambientais e buscam minimizar o assoreamento e a fragmentação da rede de drenagem podem ser benéficas.

Além disso, a gestão integrada da água, que considera a disponibilidade hídrica em toda a bacia hidrográfica e envolve todos os *stakeholders*<sup>10</sup>, é fundamental para equilibrar os impactos positivos e negativos do armazenamento de água. Em muitos casos, o armazenamento de água é uma ferramenta valiosa para melhorar a resiliência das comunidades rurais em face de secas e inundações, desde que seja feito de maneira responsável e sustentável.

É nesse ponto que o reuso da água emerge como uma solução inteligente. Ao utilizar água residual tratada, ou seja, água que passou por um processo de tratamento adequado para remover poluentes e impurezas, podem-se irrigar cultivos de forma eficiente, sem comprometer a qualidade ou a produtividade das colheitas. Isso não apenas preserva os recursos hídricos de alta qualidade, como a água potável, mas também reduz os custos associados ao uso de água tratada.

Portanto, ao promover a irrigação com água de reuso, estão-se contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos, aumentando a eficiência na agricultura e ajudando a enfrentar os desafios da escassez de água. Essa prática desempenha um papel importante na preservação das fontes de água doce e na garantia de que a água potável esteja disponível para as necessidades essenciais da sociedade.

Dorigon e Tessaro (2010) afirmam que os esgotos quando sem tratamento, são os grandes responsáveis pela poluição dos meios hídricos, visto que algumas atividades, sejam domésticas ou industriais, utilizam quantidades relevantes de água e geram efluentes potencialmente poluidores.

Para Cunha et al. (2011) a reutilização de água não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Todavia, em decorrência

---

<sup>10</sup> Todos os grupos de pessoas ou organizações que podem ter algum tipo de interesse pelas ações de uma determinada empresa. As partes interessadas podem ser desde colaboradores, considerados *stakeholders* internos, até investidores, fornecedores, clientes e comunidade, chamados de externos.

da demanda crescente por água, tem-se feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância, em especial, para as regiões com maiores problemas de escassez. Os efluentes tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas para fins agrícolas, florestais, industriais, urbanos e ambientais.

Schaer-Barbosa, Santos e Medeiros (2014) relatam que o uso de água residuária tratada representa para a agricultura irrigada uma fonte de água e nutrientes, fato que se estende mesmo durante os períodos de seca ou estiagem (Figura 5). Os autores afirmam ainda que quando se entende a importância do reuso da água, tem-se a aplicação dos componentes da gestão dos recursos hídricos de forma mais eficaz.

O reuso de água para fins agrícolas tem-se apresentado como ferramenta importante na redução da pressão por demanda de água sobre os mananciais - essa alternativa deve ser inserida nos primeiros estágios do planejamento de recursos hídricos (URKIAGA et al., 2008).



**Figura 5.** Ilustração da captação de água de uma residência tratada e conduzida até a área de plantio. Fonte: Sudene, 2018.

Fato que se justifica em decorrência de contribuir para dois grandes problemas em nível mundial: a escassez hídrica assim como o saneamento básico (SCHAER-BARBOSA; SANTOS, MEDEIROS, 2014). Para Miller (2006),



a prática do reuso manejado é considerada um elemento fundamental no sistema de tratamento e disposição final de efluentes, diminuindo a carga poluente que chega aos corpos hídricos.

A barragem subterrânea, considerada a "caixa d'água do sertão", é uma tecnologia para captação e armazenamento de água da chuva. A estocagem da água acontece por meio de uma "parede" de plástico polietileno de 200 micra, enterrada no sentido transversal à descida da água no solo, formando uma barragem destinada ao plantio em época de estiagem e poços para múltiplo uso. O custo de uma barragem subterrânea varia conforme as condições locais (Figura 6).



**Figura 6.** Barragem subterrânea. Fonte: EMBRAPA (2022). Imagem: Demilton Vieira.

As barragens subterrâneas desempenham um papel fundamental na redução dos riscos associados à agricultura dependente das chuvas, pois proporcionam aos agricultores maior êxito no cultivo de uma variedade de culturas. Incluem grãos, como milho e feijão; forrageiras, como capim e palma; raízes, como macaxeira, batata-doce e beterraba; além de hortaliças, como

coentro, cebolinha, alface, pimentão e quiabo; bem como árvores frutíferas, como acerola, goiaba, mamão e manga. Essa tecnologia tem sido amplamente adotada no semiárido brasileiro, contribuindo para aprimorar as condições de vida das famílias agricultoras, proporcionando maior renda e segurança alimentar (EMBRAPA, 2021).

#### **4. Efeito da irrigação com água residuária em plantas**

As águas residuais consistem em todas as águas descartadas resultantes de diversos processos humanos. A utilização dessas águas no solo é uma estratégia eficaz para controlar a poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade de água de qualidade, especialmente em regiões áridas e semiáridas (HESPANHOL et al., 2006).

De acordo com Lacerda et al. (2011), a aplicação de águas residuais tratadas na agricultura por meio de sistemas de irrigação, tem-se mostrado uma alternativa de baixo custo para a disposição desses resíduos no ambiente. Além disso, substituir água potável por água residuária na irrigação oferece a vantagem de economizar água doce. Para a aplicação desses efluentes por meio de sistemas de irrigação, qualquer um dos métodos pode ser usado, embora seja necessário realizar observações constantes devido à complexidade nutricional e microbiológica dos efluentes (CASTRO et al., 2016).

A irrigação com águas residuais domésticas pode reduzir ou até mesmo eliminar a necessidade de usar fertilizantes comerciais nos solos destinados ao cultivo de plantas. É importante destacar que essas águas contêm nutrientes e a sua aplicação enriquece o solo com matéria orgânica, que atua como condicionador do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água (ALVES et al., 2009; REBOUÇAS et al., 2010).

Conforme observado por Nobre et al. (2010), o uso de águas residuais domésticas na irrigação pode aumentar a produtividade agrícola devido ao seu conteúdo significativo de macro e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas.

Apesar de o esgoto bruto representar um problema ambiental, ele possui características agronomicamente desejáveis, devido ao seu potencial como

fertilizante, sendo rico em nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio (AZEVEDO et al., 2007). Isso melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, contribuindo para o aumento da produtividade das culturas (FACTOR; ARAÚJO; VILELLA JUNIOR., 2008).

Vários estudos têm investigado o efeito da água residual nas variáveis de crescimento e produção de diversas culturas, como rabanetes, eucaliptos, alface, aveia, milho, tomate, entre outras (SOUZA; MOREIRA; COELHO, 2010; BATISTA et al., 2013; THEBALDI et al., 2013; DANTAS et al., 2014; MATOS et al., 2015; MENDES; BASTOS; SOUZA, 2016).

## **5. Aspectos econômicos e sanitários do reuso**

As águas residuais domésticas tratadas são altamente recomendadas para o reuso na agricultura devido à sua composição e valor nutricional. Elas podem substituir a aplicação de fertilizantes sintéticos, o que resulta em economia para os agricultores (OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, essa redução no uso de adubos minerais é viável apenas se a gestão das águas residuais for feita de maneira cuidadosa (VARALLO; SOUZA; SANTORO, 2012).

Conforme observado por Bertoncini (2008), é fundamental destacar a presença de elementos minerais nos esgotos urbanos brutos, incluindo macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), bem como micronutrientes como arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), mercúrio (Hg), molibdênio (Mo), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn). Alguns desses elementos são essenciais para o desenvolvimento das plantas, enquanto outros podem ter efeitos fitotóxicos.

No entanto, além das considerações econômicas relacionadas à economia de água e à redução dos custos com adubos minerais, é essencial dar ênfase aos aspectos sanitários relacionados aos patógenos, que podem representar um risco para a saúde humana. A contaminação por organismos patogênicos é uma preocupação importante, embora seja importante destacar que o solo age como um redutor do período de sobrevivência desses patógenos (CUNHA et al., 2011).

É importante ressaltar que a qualidade bacteriológica das hortaliças irrigadas com águas residuais que atendam aos padrões de qualidade

recomendados pela OMS (Organização Mundial de Saúde) não representa um risco para a saúde pública. Bertoncini (2008) enfatiza que o reaproveitamento de águas residuais na agricultura requer um tratamento eficaz, que inclui pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

De acordo com Haruvy (1997), a utilização de águas residuais na irrigação tem o potencial de reduzir os custos relacionados à fertilização das culturas, pois a qualidade do efluente tratado pode exigir menos purificação, resultando em economia nos custos de tratamento. Isso ocorre porque as águas residuais contêm nutrientes e o solo e as plantas atuam como filtros naturais. Estudos realizados na Jordânia por Al-Nakshabandi et al. (1997), indicam que o valor dos nutrientes presentes nos efluentes de lagoas de estabilização chega a 75 dólares por 1.000 m<sup>3</sup> de efluente.

## **6. Considerações**

A utilização de água de qualidade inferior emerge como uma alternativa promissora para o cultivo de batata-doce em regiões semiáridas, proporcionando um aumento notável na produtividade dessa cultura. Isso ocorre porque a batata-doce é uma planta que demonstra certa resistência à qualidade da água de irrigação, o que a torna uma escolha viável para áreas onde a água de alta qualidade é escassa.

Além disso, o uso de águas residuárias tratadas representa uma estratégia eficaz para reduzir os gastos com adubos químicos na agricultura. Essas águas frequentemente contêm nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, que podem beneficiar o crescimento das plantas. Ao incorporar águas residuárias tratadas nos sistemas de irrigação, os agricultores podem aproveitar esses nutrientes naturais, reduzindo assim a dependência de fertilizantes químicos caros e, ao mesmo tempo, promovendo a sustentabilidade ambiental.

No entanto, é fundamental conduzir estudos bacteriológicos rigorosos para avaliar a presença de contaminantes potenciais nas batatas-doces irrigadas com águas de reuso. Isso é fundamental para garantir a segurança alimentar e a saúde pública. A qualidade bacteriológica dos produtos agrícolas é uma preocupação significativa, especialmente quando se trata de culturas que são

consumidas diretamente pelos seres humanos. Portanto, a análise minuciosa da água de irrigação e a implementação de medidas de controle sanitário adequadas são indispensáveis para mitigar qualquer risco de contaminação.

Em resumo, o uso de águas de qualidade inferior, como as águas residuárias tratadas, pode ser benéfico para o cultivo da batata-doce em regiões semiáridas, contribuindo para o aumento da produtividade e a redução dos custos com adubos químicos. No entanto, a segurança alimentar deve ser sempre priorizada, exigindo estudos bacteriológicos e práticas de manejo apropriadas para garantir que os produtos agrícolas irrigados com águas de reuso estejam livres de contaminação.

## 7. Referências

ALMEIDA, H. A. DE, SILVA, L. Caracterização do regime pluvial da microbacia de drenagem da barragem de vaca brava, AREIA, PB. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 15, São Paulo, SP. **Anais...** CD-R, p. 756-760. 2008.

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 81-94, 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-3774\(96\)01287-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-3774(96)01287-5).

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; ANTUNES, V. L. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2009.

AZEVEDO, M. R. Q.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007.

BASÍLIO, L. S. P. et al. Pluralidade da batata-doce do campo à mesa: uma revisão narrativa. **Open science research i**, p. 174-190, 2022.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p. 698-705, 2013.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 152-169, 2008.

CANTOS-LOPES, A. et al. Alcohol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genotypes in fermentative medium. **Acta Agronomica**, v. 67, n. 2, p. 231–237, 2017.

CASTRO, A. A. S.; DAMÁSIO, A. O. C.; MENEZES, F. S.; SOUZA, J. A.; SANTANA, F. S.; MENDONÇA, D.; FACCIOLI, G. G. Análise do impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi brs novaera (*Vigna unguiculata* L. walp.). **Agroforestalis News**, v. 1, n. 1, p. 41-47, 2016.

CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H. O.; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M.; SILVA, S. M. C. O Reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.13, p. 1225-1248, 2011.

DANTAS, I. L. A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, T. P.; VIEGAS, P. R. A.; SANTANA, L. O. G. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ambiente & Água**, v. 9 n. 1, p. 109-117, 2014.

DORIGON, E. B.; TASSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência – ACBS**, v. 1, n. 1, p. 13-22, 2010.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n.2, p.176-182, 2009.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C. de; VILELLA JUNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 143-149, 2008.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Methods for estimating comparable prevalence rates of food insecurity experienced by adults throughout the world**. Roma, 776 p. 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 402 p. 2008.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias da suinocultura na produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2014.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 113-119, dez. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809\(97\)00046-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8809(97)00046-7).

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. B.; DA SILVA, M. C. C. **Manual de conservação e reuso de água na indústria**. FIRJAM; Rio de Janeiro; 2006. 29p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano**, v. 29, n. 4 p. 1-81. 2016.

LACERDA, P. M.; RODRIGUES, R. F.; NALINI-JÚNIOR, H. A.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco). **Revista Acadêmica Agrária Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 159-168, 2011.

LI, H; ZHAO, N; YU, X; LIU, Y; ZHAI, H; HE, S; LI, Q; MA, D; LIU, Q. Identification of QTLs for storage root yield in sweet potato. **Scientia Horticulturae**, v. 170, n.7, p.182-188. 2014.

LIMA, A. O.; de L.; MOCHÓN, L. G.; TAMAYO, C. B. Identificación de indicadores de resultado en salud en atención primaria. Una revisión de revisiones sistemáticas. **Revista de Calidad Asistencial**, S. L., v. 32, n. 5, p. 278-288, 2017.

MAPBIOMAS. **17,5% do Brasil já queimou pelo menos uma vez em 20 anos. 2021**. Disponível em: <http://plataforma.mapbiomas.org>. Acesso em: 22 ago. 2021.

MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; DE LIMA, S. C.; A. A.; DANTAS NETO, J. Partição de assimilados em plantas de rabanete em função da qualidade da água de irrigação. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, p. 151-164, 2015.

MELO, A. S.; COSTA, B. C.; BRITO, M. E. B.; AGUIAR NETTO, A. O.; VIÉGAS, P. R. A. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

MENDES, P. E. F.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agronômicos e sanitários no cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 1, p. 428-438, 2016.

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010

MILLER, G. W. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. **Desalination**, [S.L.], v. 187, n. 1-3, p. 65-75, fev. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.068>.

MIRANDA, J. E. C. de; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J. B. **A cultura da batata-doce**. Brasília: Embrapa-Cnph., 1995. 94 p.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 14, p. 747-754, 2010.

OKADA, Y. et al. Genome-Wide Association Studies (GWAS) for Yield and Weevil Resistance in Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Plant Cell Reports**, v. 38, n. 11, p. 1383-1392, 2019.

OLIVEIRA, A. P.; BARBOSA, A. H. D.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, A. N. P. Produção da batata-doce adubada com esterco bovino e biofertilizante. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1722-1728, 2007.

OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONÇALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 861-867, 2013.

PUTTI, F. F.; SILVA JÚNIOR, J. F.; LUDWIG, R.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C. P.; KLAR, A. E. Avaliação da cultura do rabanete ao longo do ciclo submetido em diferentes níveis de salinidade. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 3, n. 2, p. 80-90, 2014.

RIBEIRO, E. A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J. A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 425-433, 2013.

RÓS, A. R.; SÃO JOÃO, R. E.; SILVA, J. A. Desempenho agrônômico e uso eficiente da terra em arranjos de plantas de mandioca e batata-doce. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 517-522, 2016.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P. dos; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reuso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 17-32, jun. 2014.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; COELHO, D. F. Crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Ambiente & Água**, v. 5, n. 2, p. 144-157, 2010.

SOUZA, M. N. A complexidade dos meios de produção convencionais e a quebra de paradigmas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021b. p. 23-36.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 376p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021c.133 p.



SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do nordeste. **Reuso de água de domicílios do semiárido**. 2018. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/institucional/comunicacao/noticias/64-sustentabilidade/969-sudene-quer-desenvol- ver-projeto-para-reuso-de-agua-de-domicilios-do-semiarido>. Acesso em: 26 jan. 2020.

TUPICH, F. L. B. **Metanálise do ganho de produtividade da soja com aplicações de fluazinam para o controle do mofo branco**. 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

URKIAGA, A.; FUENTES, L. de Las; BIS, B.; CHIRU, E.; BALASZ, B.; HERNÁNDEZ, F. Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse. **Desalination**, [S.L.], v. 218, n. 1-3, p. 81-91, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2006.08.023>.

VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 271-279, 2012.

VILLORDON, A.; CLARK, C.; FERRIN, D.; LABONTE, D. Using growing degree days, climatic variables, linear regression, and data mining methods to help improve prediction of sweet potato harvest date and yield in Louisiana. **Hort Technology**, v. 19, n. 2, p. 133-144, 2009.

---

## Agricultura 4.0: Agroecologia 5.0?

Isabella da Costa Teixeira, Jéssica Delesposte Destefani, João Sávio Monção Figueiredo, Guilherme Andrião Trugilho, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Aline Marchiori Crespo, Marlon Alves Peçanha da Silva, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c9>

### Resumo

A Revolução Agrícola teve início aproximadamente há 12 mil anos, marcada pela domesticação de plantas e animais. Embora tenha gerado ganhos significativos em produtividade e produção, a influência do capital financeiro e a priorização de latifúndios têm levado a consequências negativas, como o desemprego e a precarização do trabalho. Isso resulta em um ciclo de exploração que provoca o êxodo rural, a formação de favelas nas áreas urbanas e o aumento da taxa de analfabetismo e da fome. No campo, essa realidade tem corroído conquistas importantes, como a democratização da terra, acesso à saúde, educação, assistência social e técnica. Além disso, estão reconfigurando as formas de trabalho no meio rural. A rápida evolução científica e tecnológica, embora traga avanços, também pode intensificar a desigualdade social e impor valores que tornam a vida desafiadora. No Brasil, as adversidades enfrentadas no campo refletem a profunda desigualdade social, com o país produzindo em larga escala, porém negligenciando as questões sociais de sua população, especialmente os produtores do modelo de produção familiar. Do ponto de vista ambiental, o crescimento acelerado da produção agrícola também é motivo de preocupação, devido aos impactos significativos resultantes da exploração industrial predatória do meio ambiente. Na agricultura, muitas técnicas têm efeitos no agroecossistema, infelizmente, em sua maioria, esses impactos e externalidades são negativos, levando à degradação e poluição ambiental. Será destacada a agricultura 4.0 e questionado se os produtores do modelo de produção familiar estão preparados para essa nova fase. Também, serão apresentadas a agroecologia e a agricultura regenerativa como propostas para a sustentabilidade no ambiente rural. Para destacar as diferenças entre os modelos de produção, serão apresentados três (3) estudos de caso que adotam abordagens distintas na agricultura, destacando tanto os impactos positivos quanto negativos. O objetivo é identificar qual modelo deve ser preferido pelos pequenos produtores rurais, visando a sustentabilidade e a promoção do bem-estar social e ambiental.

**Palavras-Chave:** Adversidades no campo. Degradação ambiental. Sustentabilidade. Sucessão. Soberania alimentar.

## 1. Introdução

A agricultura teve seu surgimento há aproximadamente 10 mil anos. Ao longo desse período, os seres humanos adaptaram seus métodos de cultivo às diversas regiões da Terra. É importante destacar que essa evolução não ocorreu de maneira uniforme em todo o mundo; pelo contrário, foi moldada pelas necessidades e acumulação de conhecimento ao longo do tempo. Assim, como se podem rastrear a propagação de uma doença por diferentes focos de infecção, também é possível traçar a disseminação da agricultura por todo o planeta (CHRISTIAN, 2019).

No entanto, os avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas têm levado a uma transformação na economia agrícola, com um foco cada vez maior na produção e exportação de *commodities* agrícolas (Figura 1). Isso tem resultado no abandono das comunidades locais e na criação de disparidades sociais, impondo valores e desejos que tornam a coexistência incerta (ALVES; ROCHA, 2010; BALL, 2015; ANTUNES, 2020; SOUZA, 2021b).



**Figura 1.** Monocultivo de soja na região de Caldas Novas, GO: apesar do plantio direto, ausência de mão de obra tradicional. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Quando esses parâmetros são aplicados ao ambiente rural, uma pequena parcela da população local se beneficia, enquanto a maioria enfrenta condições precárias e se torna invisível até mesmo para o Estado. Portanto, é evidente que a adoção do modelo de produção convencional do agronegócio, priorizado pelo governo, exclui os pequenos produtores por não serem economicamente viáveis sob essa perspectiva (ANTUNES, 2020; SOUZA, 2021b).

Na prática, grandes produtores concentram sua produção para exportação, visando ao lucro, o que pode levar ao desabastecimento do mercado interno. Somente em 2019, o agronegócio representou 21% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, totalizando R\$ 322 bilhões (IBGE, 2020; RIBEIRO-SILVA et al., 2020).

A Revolução Industrial, que teve início com a descoberta das máquinas a vapor no século XVIII, trouxe uma visão de futuro em que a automação reduziria a necessidade da mão de obra humana. À medida que as máquinas desenvolvidas pelo homem continuam a substituir o trabalho físico e o conhecimento especializado em várias etapas da produção, isso coloca uma pressão significativa sobre os agricultores, forçando muitos deles a abandonar suas terras (WILLIAMS, 1989; SOUZA, 2018).

Essa expulsão de agricultores de suas terras, especialmente aqueles das comunidades tradicionais, devido ao predomínio do modelo convencional do agronegócio, é uma realidade desoladora (Figura 2). A falta de apoio por parte das autoridades e o reconhecimento insuficiente dessas comunidades contribuem para a perda de suas tradições culturais e deixam uma lacuna significativa no que diz respeito à prática agrícola e ao desenvolvimento dessas regiões.



**Figura 2.** Pastagens degradadas no Vale do rio Doce. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2015.

Entre os anos das décadas de 1950 e 1960, ocorreu o lançamento da chamada Revolução Verde (SANTOS et al., 2020). Essa revolução promoveu a ideia de modernização e aumento da produtividade no campo, com a expectativa de erradicar a fome, por meio da integração da tecnologia na agricultura. Nesse período, introduziu-se no campo o uso de sementes geneticamente modificadas, a aplicação de produtos químicos (agrotóxicos e fertilizantes) e a mecanização da produção, conhecidos como o "pacote tecnológico" (NEUMANN; FAJARDO; MARIN, 2017; SILVA, 2017).

A Revolução Verde, de fato, possibilitou um aumento na produção de alimentos, resultando em maior competição e redução nos preços. No entanto, também trouxe consigo sérios problemas sociais e ambientais (SANTOS, 2020). Para Neumann, Fajardo e Marin (2017), o custo elevado associado à adoção das técnicas do pacote tecnológico dificultou o acesso dos agricultores com menor poder aquisitivo. Isso, por sua vez, levou a um aumento do êxodo rural, com muitos agricultores sendo obrigados a deixar suas terras e migrar para áreas urbanas (Figura 3).



**Figura 3.** Amazônia: 26% da área desmatada - próxima do ponto de não retorno.  
Fonte: [www.ibsustentabilidade.com.br](http://www.ibsustentabilidade.com.br). Foto: Manoela Meyer, 2023.

Por outro lado, os proprietários de grandes estabelecimentos rurais, especialmente aqueles envolvidos na monocultura para exportação, foram os verdadeiros beneficiados, ganhando cada vez mais espaço no mercado e acumulando riqueza (SANTOS, 2020).

A Revolução Verde, embora tenha sido considerada uma abordagem moderna, é agora percebida sob alguns aspectos ultrapassada, necessitando de

um novo posicionamento, pois mais uma vez favorece os grandes produtores em detrimento dos agricultores do modelo de produção familiar (SILVA, 2017).

A aplicação intensiva dos princípios da Revolução Verde resultou em extensas áreas florestais devastadas, solos esgotados e sobrecarregados com o uso excessivo de insumos, contaminação da água e a presença de agrotóxicos que afetam tanto os alimentos quanto as pessoas. Além disso, a baixa variabilidade genética tornou as culturas mais suscetíveis a doenças: levou ao aumento no uso de pesticidas (COSTA et al., 2015).

No estado do Espírito Santo, onde a cafeicultura desempenha um papel fundamental na geração de emprego e renda, é importante destacar que a produção de café conilon é predominantemente realizada em pequenas propriedades rurais de caráter familiar. Embora tenham alcançado níveis significativos de produtividade por meio do cultivo monocultural e da utilização de insumos externos e irrigação (MUNER et al., 2007), essas abordagens tecnológicas são percebidas como dispendiosas, ambientalmente instáveis e socialmente insustentáveis no longo prazo (LOPES et al., 2014).

Como alternativa a esse sistema de cultivo, existem modelos mais sustentáveis que causam menos impacto ambiental e são mais adequados à realidade dos agricultores do modelo de produção familiar. Entre essas alternativas, destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAFs), que envolvem o uso e manejo de recursos naturais, incluindo árvores, arbustos e palmáceas, em associação com cultivos agrícolas e, ou, criação de animais no mesmo terreno, seja de forma simultânea ou em uma sequência temporal (Figuras 4 e 5) (SOUZA, 2021).



**Figuras 4 e 5.** SAFs com café e policulturas. Fonte: Guilherme Trugilho, 2023.

A pesquisa e promoção de SAFs exigem abordagens participativas com os agricultores, pois a complexidade e variabilidade desses sistemas requerem soluções específicas para cada situação (SOUZA, 2021).

É evidente a necessidade de fazer a transição para uma agricultura sustentável e sistemas alimentares que garantam segurança alimentar, condições justas do ponto de vista social, econômico e ambiental (SILVA et al., 2019). Nesse contexto, os SAFs se destacam como uma opção ideal.

## 2. A “Quarta Revolução Agrícola”

A "Quarta Revolução Agrícola," também conhecida como "Revolução 4.0," teve seu início em 2011 (SILVA et al., 2017) ou em 2013 (OTTONICA; ATAYDE; SANTA-EULALIA et al., 2019). Trouxe mudanças significativas, sendo a principal delas a produção em larga escala de tecnologias com base em informações provenientes da intensa geração de dados.

Diferentemente da terceira revolução, essa tecnologia gera dados e conexões pela *internet* com intervenção humana mínima (OTTONICA; ATAYDE; SANTA-EULALIA, 2019). O período pós-terceira revolução está marcado pela sofisticação das tecnologias digitais, incluindo conceitos de *software* em rede, que causaram uma ruptura em relação à revolução industrial e provocaram transformações econômicas globais.

A atual revolução se destaca pela fusão e interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos (SILVA et al., 2017). A tecnologia tem como objetivo principal a precisão na utilização dos recursos naturais, como a redução do consumo de água na irrigação e a precisão na adubação. A "agricultura digital" busca a mecanização, estudos climáticos, determinação dos nutrientes necessários para cada cultura e a geração de dados (SILVA; CAVICHIOLI, 2020).

Apesar do dinamismo da economia brasileira, o agronegócio continua sendo de extrema importância para o país. No entanto, do ponto de vista ambiental, o avanço do setor gera preocupações devido aos diversos impactos causados pela exploração industrial e predatória do meio ambiente. Muitas empresas, em busca de crescimento e lucro imediatos, desrespeitam as leis

ambientais e exploram o meio ambiente sem considerar as consequências dessa exploração e os limites do crescimento, resultando em diversos problemas socioambientais nas áreas rurais e gerando externalidades (CAPORAL, 2002; SOUZA, 2021c).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021), a taxa de desmatamento por corte raso em nove estados da Amazônia Legal totalizou 10.851 km<sup>2</sup> em 2020. Entre os principais problemas associados a essa exploração, destacam-se (SOUZA, 2018): desmatamento; mudança de uso do solo e alterações nas taxas evapotranspirométricas; perda de biodiversidade; degradação do solo, incluindo esgotamento de nutrientes, compactação, erosão e desertificação acelerada; no caso da pecuária, pisoteio constante do gado compactando o solo e favorecendo a erosão; esgotamento de recursos hídricos; contaminação do solo, ar e água devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos, fertilizantes e antibióticos; geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente (Figura 6).



**Figura 6.** Pastagem degradada em Alegre, ES: elevada taxa de perda de solo por escoamento superficial. Fonte: Geisa Corrêa Louback, 2023.

De acordo com os dados do MapBiomas (2021), ao longo de 30 anos, observou-se uma redução de 15,7% da superfície de água no Brasil. O estado mais impactado por essa redução é o Mato Grosso do Sul, onde 57% de todo o recurso hídrico foi perdido desde 1990. Essa diminuição é especialmente



evidente no bioma do Pantanal, que é um dos biomas mais significativos do país (Figura 7). Além do Mato Grosso do Sul, os estados de Mato Grosso, com uma perda de quase 530 mil hectares, e Minas Gerais, com um saldo negativo de mais de 118 mil hectares, também se destacam nas três primeiras posições dessa tendência preocupante.



**Figura 7.** Área alagada pelo ciclo das águas do Pantanal: sofre drásticas reduções nos anos recentes. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2014.

É importante observar que muitos dos locais onde a redução é mais significativa estão próximos às fronteiras das áreas agrícolas. Isso sugere que o aumento da demanda por água e a construção de represas em fazendas, que muitas vezes causam assoreamento e a fragmentação da rede de drenagem, estão prejudicando a própria produção agrícola.

Para Maurício Voivodic, diretor executivo do WWF-Brasil em entrevista ao MapBiomas (2021), os resultados dessa pesquisa enviam um claro sinal aos tomadores de decisões de que é necessário fazer uma mudança imediata na trajetória de degradação que o Brasil vem seguindo.

Esse mesmo autor destaca que a criação de reservatórios em propriedades particulares é uma das questões mais preocupantes. Enfatiza que, quando se discute a flexibilização dos requisitos de licenciamento ambiental no Congresso, muitas vezes não se está considerando os cuidados necessários ao construir represas em propriedades privadas, o que acaba causando prejuízos para as

bacias hidrográficas. Os riscos associados à flexibilização dos requisitos de licenciamento ambiental no Congresso podem ser significativos e abrangem várias áreas, incluindo (SOUZA, 2023b):

✓ **Impactos Ambientais Negativos:** a flexibilização das regulamentações ambientais pode resultar em impactos negativos no meio ambiente, como desmatamento, poluição da água e do ar, degradação do solo, perda de biodiversidade e destruição de habitats naturais. Isso pode prejudicar os ecossistemas locais e globais e afetar a qualidade de vida das pessoas.

✓ **Riscos à Saúde Pública:** a redução dos requisitos de licenciamento ambiental pode aumentar a exposição da população a substâncias tóxicas e poluentes, o que pode levar a problemas de saúde pública, como doenças respiratórias, câncer e outras doenças relacionadas à poluição.

✓ **Impactos Sociais:** a flexibilização das regulamentações ambientais pode afetar negativamente as comunidades locais, especialmente aquelas que dependem dos recursos naturais para subsistência. Isso pode levar ao deslocamento forçado de comunidades, perda de terras e meios de subsistência, e aprofundar as desigualdades sociais.

✓ **Reputação Internacional:** a redução das proteções ambientais pode prejudicar a reputação internacional do país, afetando negativamente as relações comerciais e a cooperação internacional em questões ambientais.

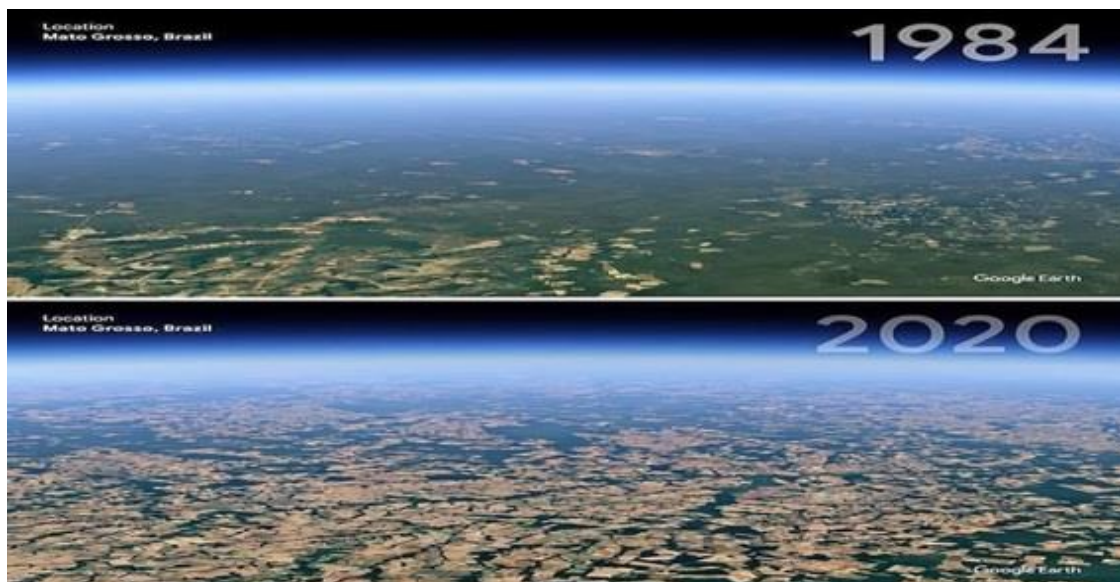
✓ **Mudanças Climáticas:** a flexibilização pode aumentar as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas globais e seus impactos, como aumento das temperaturas, eventos climáticos extremos e elevação do nível do mar.

✓ **Riscos Legais e Financeiros:** a flexibilização pode expor empresas e governos a riscos legais e financeiros, incluindo ações judiciais, multas e penalidades, bem como perda de investimentos estrangeiros.

✓ **Perda de Bens e Serviços Ecossistêmicos:** a degradação ambiental resultante da flexibilização das regulamentações pode levar à perda de bens e serviços ecossistêmicos essenciais, como água limpa, polinização de cultivos e regulação do clima.

Portanto, a flexibilização dos requisitos de licenciamento ambiental deve ser cuidadosamente avaliada à luz desses riscos e considerando o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental e social. Medidas adequadas de mitigação e monitoramento devem ser implementadas para minimizar esses riscos e garantir a sustentabilidade em longo prazo.

O fato é que todos os biomas brasileiros foram afetados e suas perdas mensuradas em pesquisa inédita do MapBiomas (2021), projeto que reúne universidades, organizações ambientais e empresas de tecnologia. Ao todo, 3,1 milhões de hectares de superfície de água desapareceram, o equivalente a mais de uma vez e meia de todo o recurso hídrico disponível no Nordeste em 2020 (Figura 8).



**Figura 8.** Cobertura vegetal no Mato Grosso nos anos de 1984 e 2020. Fonte: Tempo.clima.brasil, 2021.

Segundo MapBiomas (2021), das 12 regiões hidrográficas brasileiras, oito (8) revelam hoje os efeitos do desmatamento, da mudança de uso do solo, da mudança climática e da destruição de mananciais, refletido na crise hídrica que afeta o meio ambiente e a geração de energia elétrica. Para esses mesmos autores, nesse ritmo, um quarto (25%) de redução da superfície de água do Brasil antes de 2050.

Observa-se assim, que medidas como a flexibilização do licenciamento ambiental contrariam imensamente as propostas da Revolução 4.0. A "Quarta

Revolução Agrícola," também conhecida como "Revolução 4.0" na agricultura, é um avanço significativo que está transformando a forma como a agricultura é praticada. Questiona-se: será que o produtor do modelo de produção familiar está preparado e terá suporte técnico para suportar esse novo modelo e se adequar às suas exigências e propostas? Suas principais características incluem (SILVA et al., 2017; OTTONICA; ATAYDE; SANTA-EULALIA et al., 2019; SILVA; CAVICHIOLI, 2020):

✓ **Digitalização e Automação:** a agricultura 4.0 se baseia na digitalização de processos e na automação de tarefas agrícolas. Isso envolve o uso de tecnologias como sensores, drones, GPS, robótica e *Internet* das Coisas (IoT) para monitorar e gerenciar cultivos, gado e recursos naturais de forma mais eficiente.

✓ **Big Data e Análise Avançada:** a coleta de dados em larga escala é uma característica fundamental da agricultura 4.0. Esses dados são processados por meio de análise avançada, aprendizado de máquina e inteligência artificial para tomar decisões mais informadas sobre o manejo de cultivos, a saúde do gado e a gestão de recursos.

✓ **Conectividade:** a agricultura 4.0 é altamente conectada, com informações sendo compartilhadas em tempo real entre dispositivos e sistemas. Isso permite uma coordenação mais eficaz e tomada de decisões em tempo hábil.

✓ **Agricultura de Precisão:** uma das principais características é a agricultura de precisão, na qual os agricultores podem aplicar insumos (como água, fertilizantes e pesticidas) de forma mais precisa e direcionada, com base em dados de sensoriamento remoto e monitoramento.

✓ **Sustentabilidade:** a agricultura 4.0 promove práticas agrícolas mais sustentáveis, permitindo a redução do desperdício de recursos e a minimização dos impactos ambientais. Isso inclui o uso eficiente de água, energia e insumos agrícolas.

✓ **Aumento da Produtividade:** uma das metas da revolução 4.0 na agricultura é aumentar a produtividade e a eficiência dos sistemas agrícolas, garantindo um suprimento de alimentos mais consistente e de alta qualidade.

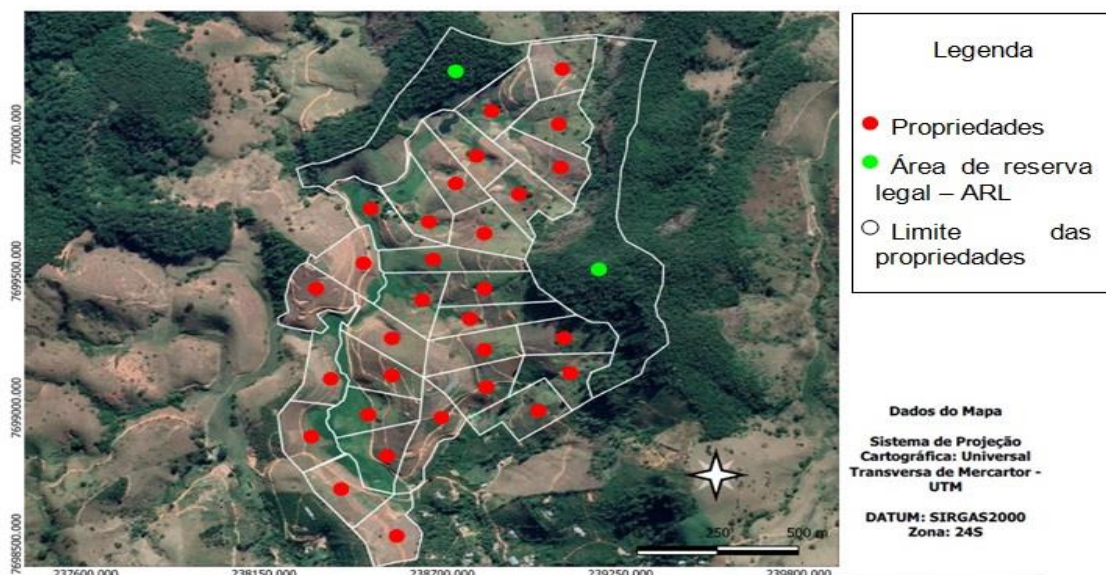
✓ **Melhoria na Qualidade dos Produtos:** o controle mais preciso dos processos agrícolas pode levar a uma melhoria na qualidade dos produtos agrícolas, atendendo às demandas dos consumidores por alimentos mais seguros e saudáveis.

✓ **Customização e Personalização:** a agricultura 4.0 permite a customização das práticas agrícolas de acordo com as necessidades específicas de cada cultivo, solo ou rebanho. Isso otimiza o desempenho e a saúde dos sistemas agrícolas.

✓ **Resiliência Climática:** a agricultura 4.0 também pode ajudar os agricultores a se adaptarem às mudanças climáticas, fornecendo informações em tempo real sobre condições meteorológicas e padrões climáticos.

✓ **Redução de Custos:** embora a implementação inicial de tecnologias avançadas possa ser cara, a agricultura 4.0 visa, em longo prazo, reduzir os custos de produção, aumentando a eficiência e a sustentabilidade.

Essas características da agricultura 4.0 estão impulsionando uma transformação fundamental na indústria agrícola, com o potencial de melhorar a produção de alimentos, reduzir os impactos ambientais e enfrentar os desafios futuros da segurança alimentar global (Figura 9).



**Figura 9.** Croqui das propriedades adquiridas por produtores rurais de Feliz Lembrança via Programa Nacional de Crédito Fundiário – PNCF. Fonte: Guilherme Trugilho, 2023.

Diante desses desenvolvimentos e das práticas modernas atualmente existentes, é notório o crescente estímulo em prol de abordagens agrícolas mais conscientes, especialmente aquelas associadas ao avanço do agronegócio no Brasil. Essas práticas não apenas favorecem o meio ambiente, mas também impulsionam o aumento da eficiência das empresas e a redução de despesas futuras.

No entanto, apesar da existência de políticas e governança socioambiental, é comum observar uma gestão ineficaz ou a falta de incentivos para o cumprimento das regulamentações, o que ainda representa um desafio considerável na construção de um futuro sustentável (SANTANA, SOUZA, PEREIRA, 2021) (Figura 10). Além disso, quando sanções são aplicadas, elas tendem a ser relativamente brandas, com medidas de reparação frequentemente não implementadas, resultando na falta de efetiva recuperação das áreas degradadas (SOUZA, 2021b).



**Figura 10.** Área de pastagem em estágio avançado de degradação. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2020.

Entretanto, no Brasil, as adversidades no campo são uma das causas acometidas pela gritante desigualdade, que expõe a realidade e a

vulnerabilidade de um país que produz em larga escala. Essa produção, no entanto, frequentemente ignora as questões sociais que afetam a população que habita essas áreas rurais, deixando muitos brasileiros que dependem da agricultura para sobreviverem presos na armadilha da pobreza. Será que serão beneficiados pela Agricultura 4.0?

É evidente que o modelo de modernização da agricultura, com a adoção dos princípios da Revolução Verde, não atendeu às necessidades básicas da grande maioria dos trabalhadores rurais carentes, resultando na persistência de altos índices de pobreza, ao passo que os latifúndios e os complexos agroindustriais continuam a se fortalecer: os da Agricultura 4.0 atenderão agora? (AQUINO, 2018; SOUZA, 2021).

A realidade é que qualquer atividade humana terá impacto no meio ambiente, que pode ser positivo ou negativo. Infelizmente, na maioria das vezes, esses impactos são prejudiciais, levando à degradação e poluição do ambiente. Esses problemas estão diretamente relacionados ao modelo capitalista exacerbado de produção e consumo. Portanto, não apenas as grandes empresas, mas também cada indivíduo, mesmo com pequenas ações, pode afetar seu ecossistema e contribuir para impactos ambientais adversos no dia a dia (BENINI; NOVAES; GALVÃO, 2006; SOUZA, 2021b).

Embora o Brasil tenha feito avanços na adoção de tecnologias agrícolas modernas, ainda há trabalho a ser feito para garantir que o país esteja plenamente preparado para a Agricultura 4.0. A colaboração entre o governo, o setor privado, as instituições de pesquisa e os agricultores é fundamental para enfrentar esses desafios e colher os benefícios da modernização agrícola.

Diante das diversas percepções na sociedade, serão apontados três (3) modelos de produção agropecuários, propondo uma transformação na gestão agrícola. Essa abordagem representa um meio eficaz e preciso de planejar ações a serem implementadas na propriedade, alinhando-as com as necessidades e requisitos do agricultor. Isso resulta em menor impacto ambiental, melhoria na qualidade de vida, promoção da inclusão social e redução do êxodo rural. Um dos modelos de produção que merece destaque nesse contexto é o agroecológico, que pode ser uma alternativa valiosa e se adequa plenamente às demandas da Agricultura 4.0.

### 3. Modelos de produção

Embora existam variações dentro de cada modelo de produção, é possível caracterizar e analisar as atividades agropecuárias no Brasil e no mundo com base em dois modelos predominantes (WEID, 1996).

O modelo agroquímico prevalece nos países desenvolvidos e emergentes, enquanto o modelo familiar é dominante nos países periféricos. Cerca de 80% das terras cultivadas em todo o mundo utilizam o sistema tradicional, e, dentro desse contexto, existe produção de alimentos suficiente para atender a toda a população global. A desigualdade alimentar resulta mais da distribuição desigual de alimentos entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos do que da produção em si (CAPORAL, 2002; ALTIERI et al., 2015; MALAQUIAS et al., 2021; SOUZA, 2021).

Portanto, a solução para questões de segurança alimentar deve focar principalmente em uma distribuição mais equitativa de renda, especialmente quando se prevê um aumento populacional significativo até 2025, com mais 3 bilhões de pessoas em relação à população atual. Isso requer uma produção agrícola substancialmente maior do que a atual. É evidente que a questão da segurança alimentar está mais ligada a problemas macroeconômicos e sociais do que aos modelos de produção agrícola em si (WEID, 1996; SOUZA, 2021).

Conforme Guerra e Silva (2021), a soberania alimentar é um conceito que vai além do direito à alimentação. Envolve várias dimensões, incluindo aspectos jurídicos e ambientais que garantem às pessoas o direito de determinar como desejam organizar o acesso à alimentação, sem prejudicar o meio ambiente.

Quanto aos objetivos da soberania alimentar, conforme delineado pela Vía Campesina (1996), a ideia central é estabelecer alternativas na produção e comercialização de alimentos. Isso envolve capacitar povos indígenas e trabalhadores rurais para recuperar o controle sobre a terra e as sementes, promovendo relações produtivas que não explorem (CATAÑO HOYOS; D'AGOSTINI, 2017).

O modelo tradicional de agricultura familiar se destaca ao se concentrar nas áreas mais férteis, que já estão praticamente ocupadas. Observa-se uma desaceleração na expansão das áreas plantadas dentro do modelo agroquímico,



sem ganhos significativos de produtividade. Vários fatores podem limitar o aumento da produtividade, incluindo condições variáveis entre as regiões, restrições econômicas e preocupações ambientais quanto à eficácia das opções tecnológicas (WEID, 1996; SOUZA, 2021).

O modelo familiar, orientado para a sustentabilidade, não se limita a questões conceituais, mas também se baseia em indicadores concretos. Esse modelo demonstra uma capacidade notável de resistência, produtividade e eficácia, com potencial para criar empregos e gerar renda, ao mesmo tempo em que promove a equidade social (Figura 11).

Apesar da falta de apoio às pesquisas e da disponibilidade limitada de crédito, dados comprovam que entre os anos de 1989 e 1999, as propriedades rurais com áreas inferiores a 100 hectares tiveram um crescimento médio anual de 5,80% no rendimento físico da produção, em comparação com 3,29% de crescimento nas grandes propriedades. Além disso, quando se considera a taxa média anual de crescimento na quantidade produzida por ano, o modelo familiar registrou 3,79%, enquanto o modelo agroquímico atingiu 2,60% (WEID, 1996).



**Figura 11.** Lagoa anaeróbica com resíduos da bovinocultura leiteira para posterior uso em capineiras e lavouras, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menegussi Menon, 2023.

Conforme Akpoti et al. (2019), os indicadores são ferramentas essenciais na avaliação ambiental, permitindo a comparação entre situações passadas, presentes e futuras para avaliar em que medida os objetivos de sustentabilidade estão sendo alcançados. Verona (2010) ressalta a importância fundamental do uso de indicadores na avaliação de agroecossistemas, pois eles são cruciais para a implementação do conceito de sustentabilidade e para quantificar de forma concreta a condição dos agroecossistemas.

De acordo com os mesmos autores, um exemplo relacionado à cafeicultura é a aplicação de Indicadores de Sustentabilidade, como a análise da cobertura do solo para avaliar a qualidade do solo, ou a avaliação da renda gerada pela cultura companheira das plantas como um Indicador de Sustentabilidade do Retorno Econômico. A decisão de adotar ou não um determinado sistema de consórcio dependerá da percepção dos agricultores sobre diversos fatores, incluindo o desempenho das plantas de café, a quantidade de mão de obra necessária para o manejo e o retorno econômico obtido, entre outros. Essa decisão pode ser objetivamente embasada por meio de uma análise cuidadosa e reflexiva.

No mesmo contexto de pesquisa, Siqueira et al. (2020) conduziram uma análise econômica e identificaram que os consórcios envolvendo a cultura do café conilon com a pupunha e a banana foram os únicos que demonstraram viabilidade econômica. Esses consórcios apresentaram índices de benefício/custo de 1,39 e 1,11, respectivamente. Isso destaca a relevância dessas combinações de culturas interdependentes no contexto da pesquisa.

De acordo com Senna (2019), as áreas onde o café conilon foi cultivado em consórcio apresentaram melhorias significativas em suas características físicas, índices de agregação do solo e maiores níveis de carbono orgânico total em comparação com as áreas onde o café conilon foi cultivado como monocultura.

Deve-se considerar, ainda, a importância do modelo familiar na produção de produtos básicos de consumo interno, particularmente aqueles com menor possibilidade de agregação de valor, mas essenciais para os hábitos alimentares, especialmente das populações de baixa renda.

Por exemplo, o modelo familiar foi responsável pela produção de 84% da mandioca, 67% do feijão e 49% do milho. Além disso, apesar das limitações de área, crédito e assistência técnica, também contribuiu com a produção de 32% da soja, 33% do algodão e 25% do café (Figura 12). A Organização das Nações Unidas (ONU) proclamou a Década da Agricultura Familiar (2019-2028), reconhecendo o papel fundamental da agricultura na garantia da segurança alimentar global, na promoção de condições sociais mais justas e na conservação da biodiversidade (SILVA; NUNES, 2022).



**Figura 12.** Propriedades cafeeiras do modelo de produção familiar na região do Caparaó capixaba. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

Com base nos dados compilados pelo Anuário Estatístico da Agricultura Familiar (2022), fica evidente que a agricultura familiar desempenha um papel fundamental no fornecimento de alimentos saudáveis e sustentáveis para o mercado interno brasileiro. O Brasil abriga cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos familiares dedicados à agricultura, abrangendo apenas 23% das terras totais do país. No entanto, esses estabelecimentos são responsáveis por gerar 10,1 milhões de empregos, representando 67% do total de empregos no setor agrícola.

A agricultura familiar contribui com 23% do valor bruto da produção agropecuária do Brasil e desempenha um papel fundamental na dinamização econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes, representando 68% do total desses municípios.

A legislação que regula a agricultura familiar é a Lei no 11.326/2004 e define critérios específicos para a caracterização desse setor. Os agricultores familiares devem atender a quatro critérios principais: I) Possuir uma área de até quatro módulos fiscais; II) Utilizar principalmente mão de obra familiar em suas atividades rurais; III) Obter uma renda familiar mínima originária de atividades rurais em seu estabelecimento ou de empreendimentos agrícolas; IV) Gerenciar seu estabelecimento ou empreendimento com o envolvimento da família.

Essa definição engloba diversos grupos, como assentados da reforma agrária, beneficiários do Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF), quilombolas, indígenas, artesãos, pescadores artesanais, aquicultores, maricultores, piscicultores, silvicultores, extrativistas, entre outros (MAPA, 2016).

O censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstrou que a agricultura familiar no ano de 2006 representou 86% dos estabelecimentos agrícolas no país, sendo responsável por 35% do Produto Interno Bruto (PIB) e 70% dos empregos no campo (ANA, 2017). A agricultura familiar apresentou as maiores produções de animais de grande porte; na agroindústria; na horticultura; e na extração vegetal, sendo de suma importância para a segurança alimentar do país (FRANÇA; DEL GROSSI; MARQUES, 2009).

Em consoante com os anos anteriores, em 2017, a Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo, órgão subordinado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), divulgou que a agricultura familiar do Brasil é a 8ª maior produtora de alimentos do mundo e a base da economia de 90% dos municípios com até 20 mil habitantes (IBGE, 2017a; MAPA, 2018).

Esses dados impactantes demonstram que, mesmo se considerássemos apenas a agricultura familiar, o Brasil ainda se manteria entre os 10 maiores produtores de alimentos do mundo, enfatizando a significativa importância dos 86% dos estabelecimentos rurais que representam a agricultura familiar no país

(IBGE, 2017a; MAPA, 2018; PICOLOTTO, 2014).

Além desses dados notáveis, é fundamental destacar a contribuição ambiental e sustentável da agricultura familiar para o meio ambiente. A diversidade de culturas, o uso majoritariamente sustentável de práticas de manejo e o respeito pela biodiversidade e pelos recursos naturais locais desempenham um papel crucial na preservação do solo e da água (FINATTO; SALAMONI, 2008; PADUA; SCHLINDWEIN; GOMES, 2013).

A agricultura regenerativa, muito discutida nos dias atuais, tornou-se uma abordagem importante para enfrentar os desafios ambientais e agrícolas, como a degradação do solo, a perda de biodiversidade e as alterações climáticas. Ao promover práticas que melhoram a resistências e a resiliência do solo e reduz a dependência de fatores de produção químicos, esta abordagem procura criar sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes no longo prazo. A agricultura familiar que se utiliza de práticas conservacionistas de solo e de água e adota o modelo agroecológico de produção está mais alinhada a essa nova perspectiva (BROWN, 2018; SOUZA, 2023b) (Figura 13).



**Figura 13.** Propriedades cafeeiras do modelo de produção familiar no município de Espera Feliz, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

Outro ponto essencial é o aspecto socioeconômico, uma vez que a agricultura familiar fortalece as comunidades locais, assegurando renda,

oportunidades de emprego e fornecimento para cooperativas e mercados locais (Figura 14).

A agricultura familiar desempenha um papel direto na distribuição de renda dentro dessas comunidades, como ilustrado pelo exemplo dos diversos municípios do Caparaó capixaba e mineiro (ASSIS; ROMEIRO, 2005; DOS SANTOS; BEVILACQUA, 2019; GUANZIROLI; VINCHON, 2019).



**Figura 14.** Feira livre em Vila Nova, Vitória, ES. Fonte: Pereira, 2022.

#### ➤ Estudos de caso

Para evidenciar a diferença entre os modelos de produção serão apresentados três (3) Estudos de Caso: a) Família do Sítio do Mato, que pratica a agricultura de subsistência; b) a Família Kern, que utiliza modelos agroecológicos de produção; e c) Família Xavier, que adota um modelo misto. Os referidos Estudos de Caso foram exibidos em série televisivos, disponíveis pela plataforma de compartilhamento de vídeos *Youtube*.

#### ✓ Sítio do Mato - BA

O “Sítio do Mato - BA” mostrou a realidade da desigualdade social, cultural e econômica que persiste para pequenos sítiantes, em diversos lugarejos do nosso extenso e diverso país. O agricultor Domingos Francisco da Hora e sua

esposa Valdeci, nasceram e cresceram na comunidade, onde vivem com uma família numerosa (Família Sítio do Mato, 2014).

O cultivo fica perto da casa onde moram! As terras são da família de Valdeci há três gerações, sendo que o seu avô quem começou a trabalhar na região. Eles têm dois hectares e vivem basicamente da agricultura. Na lavoura, têm milho, mandioca e feijão de corda. O casal pratica a agricultura de subsistência utilizando processos rudimentares, com baixa tecnologia e pouco eficientes.

Conta com ferramentas básicas como enxada, facão e foice; para o plantio, sementes de baixa qualidade. Sem adubo ou defensivo, sem crédito ou orientação, sem irrigação em uma região árida, a produção é baixa e limitada - a colheita é destinada ao consumo da família: muitas vezes, perdem toda a safra em decorrência da seca. Além da lavoura, o casal tem duas vacas adultas para a produção de leite; contudo, com a estiagem dos últimos meses, ficaram tão magras e desnutridas que pararam de produzir. Também contam com uma dúzia de galinhas, dois porcos, algumas fruteiras e muitas crianças pulando, brincando e jogando bola.

Os filhos mais velhos do casal conseguiram serviço em uma fazenda da região. Contam com o complemento mensal do “Programa Bolsa Família”, no valor de R\$134,00. Somando esse repasse ao ganho variável com as diárias, o rendimento médio da casa não ultrapassa R\$ 600,00 mês<sup>-1</sup>. Como são 11 moradores, a renda média mensal por pessoa fica em torno de R\$ 54,00.

No “Sítio do Mato - BA”, 50,3% da população vive em condições de pobreza extrema. É o município com maior percentual de miséria da Bahia. Apesar das dificuldades, Valdeci explica que algumas mudanças nos últimos anos (2012-2014), fizeram a diferença: implementação do Bolsa Família, visitas regulares de agentes de saúde, rede elétrica e cisternas para armazenar água da chuva.

Todavia, alguns serviços essenciais ainda não chegaram à região, por exemplo, o saneamento básico que é importante para a qualidade de vida e o desenvolvimento da sociedade. A comunidade não tem posto de saúde e os moradores contam com um poço artesiano, mas a água é salobra, contaminada e não serve para beber.

De maneira geral, as crianças estão na escola: uma evolução em relação ao passado. Os alunos mais velhos estudam na cidade e contam com transporte gratuito. Os mais novos frequentam a escolinha municipal, na própria comunidade. Crianças de séries diferentes ficam todas na mesma sala de aula, o que é péssimo para o aprendizado.

Outro problema grave, segundo os alunos, muitas vezes falta a merenda, que deveria ser distribuída pela prefeitura. Para Domingos e Valdeci, a educação tem um papel fundamental para a transformação da realidade da família, onde as crianças sejam protagonistas da própria história e tenham esperança de um futuro melhor.

#### ✓ **Família Kern - SC**

A propriedade da família Kern está situada em uma comunidade de alemães, no Oeste de Santa Catarina. A mãe Zuleica, o pai Valdemir e os filhos Davi, 17 anos, e Luiza, 11 anos, vivem em um sítio de apenas 6,5 ha. Com uma produção diversificada, conseguem ser praticamente autossuficientes. Não fazem uso de nenhum tipo de agroquímico: realizam o reaproveitamento de resíduos vegetais para a adubação e a cobertura morta nas culturas (Família Kern, 2017).

Os filhos mais jovens permanecem ativamente envolvidos na atividade agrícola, assegurando a continuidade da tradição familiar no meio rural, com uma notável independência em relação aos comércios locais. A família gera uma renda mensal de R\$ 2.500,00, proveniente da venda de uma variedade de produtos produzidos em sua propriedade, incluindo queijos, hortaliças, plantas medicinais, pães e leite. Eles praticamente atendem às suas próprias necessidades alimentares, fazendo apenas algumas compras de insumos essenciais, como sal e tecidos, que totalizam cerca de R\$ 60,00 por mês. Além disso, na propriedade, produzem manteiga, ricota, carne, gordura de porco, feijão, arroz, milho e outros alimentos.

Por intermédio de um movimento de mulheres camponesas na comunidade, organizam encontros que promovem a troca de sementes crioulas e o compartilhamento de conhecimentos tradicionais, preservando assim a



cultura local e garantindo a continuidade dessas práticas ao longo das gerações. Isso beneficia toda a comunidade, proporcionando uma ampla diversidade de alimentos produzidos localmente e promovendo a autossuficiência alimentar.

Uma característica marcante é o apoio técnico prestado por órgãos governamentais, como a Epagri, que auxiliam na criação e manutenção de uma "Horta Mandala" e de um horto de plantas medicinais chamado "Vida e Saúde". Esses locais servem como exemplos práticos para a comunidade local.

Os filhos da família Kern também são artistas amadores, que contribuem para a renda familiar participando em eventos regionais com suas apresentações musicais e demonstrando grande habilidade como pintores e alunos dedicados. É importante destacar que toda a produção agropecuária da propriedade é realizada sem o uso de agrotóxicos ou adubos químicos, seguindo práticas agroecológicas sustentáveis na produção de alimentos.

#### ✓ **Família Xavier - MG**

O sítio da Família Xavier está localizado no município de Cássia, no Sul de Minas Gerais. Com apenas 16 hectares e a uma altitude de mais de 1000 metros, o Sr. José Renato Xavier conta que chegou ao local quando ainda era criança. Seu pai, por sua vez, decidiu dividir a terra entre os filhos, e Xavier ficou com cerca de 3.000 pés de café. No entanto, a produção era limitada devido à falta de tecnologia para o manejo e aos cuidados com a lavoura. Em um momento, ele chegou a considerar desistir, mas teve uma conversa com seu filho Tiago e a esposa deste, Josilaine, que decidiram assumir a responsabilidade pelo cuidado da propriedade (Família Xavier, 2018).

Ambos optaram por uma mudança completa no modelo de gestão e produção da propriedade, expandindo a área de cultivo, adotando novas tecnologias e participando de cursos de capacitação. Além disso, contrataram profissionais qualificados para fornecer assistência técnica e informações relevantes. Foram realizadas análises de solo, implementadas várias inovações na propriedade e adotadas práticas de agricultura de alta produtividade, sem exagerar no uso de agrotóxicos, graças ao monitoramento de pragas e doenças. Posteriormente, Josilaine assumiu todo o processo de pós-colheita na

propriedade, desde a secagem até a torrefação, o que agregou valor ao produto e eliminou intermediários.

Os produtos chegam ao mercado a preços acessíveis, e o casal obtém lucro adequado. Em seguida, começaram a produzir cafés especiais, onde 70% da produção atinge 80 pontos de qualidade e 30% superam 85 pontos. Essa última parcela é vendida para supermercados e cafeterias. A qualidade do café e o beneficiamento aumentaram o valor do produto. Atualmente, ninguém pensa em desistir: eles produzem cerca de 50 sacas por hectare, o dobro da média nacional. Em seguida, arrendaram propriedades vizinhas, ampliando a produção para até 800 sacas de café por ano.

#### ✓ **Breve análise das três famílias**

A família do "Sítio do Mato - BA" pratica a agricultura de subsistência, também conhecida como agricultura tradicional. Essa abordagem se baseia em técnicas rudimentares, sem a utilização de maquinaria ou métodos de fertilização do solo avançados, e frequentemente carece de assistência técnica. Geralmente, essa técnica é adotada por pequenos produtores, que são responsáveis por cultivar, cuidar e colher os alimentos necessários para o consumo da própria família.

Já a família Kern, em São Carlos, SC, adota a agricultura agroecológica, conhecida como "cultivo verde", com um foco explícito no equilíbrio ambiental e no desenvolvimento social dos produtores. Essa prática permite a participação ativa das mulheres na agricultura e incentiva a permanência dos jovens no meio rural. Ela incorpora métodos que visam mitigar ou eliminar os impactos ambientais, incluindo a rotação de culturas, a compostagem de resíduos orgânicos e o uso de adubação verde.

Por outro lado, a família Xavier, em Cássia, MG, segue a agricultura convencional, também conhecida como "agricultura moderna" ou voltada para o mercado. Essa abordagem é geralmente implementada em grandes propriedades e envolve o uso de produtos químicos, como adubos, fertilizantes e pesticidas, para o controle de pragas e doenças. Seu objetivo principal é a

produção em larga escala de *commodities* para comercialização e obtenção de lucros significativos.

É importante ressaltar que, ao analisar essas três famílias, fica evidente a desigualdade social que permeia cada situação. Enquanto a primeira família (Sítio do Mato, BA) enfrenta condições precárias de vida, como a falta de acesso a água de qualidade e eletricidade, a família Kern desfruta de recursos como terra fértil, sementes de qualidade e assistência técnica eficaz. O único ponto comum entre essas famílias é que seus filhos estão buscando educação acadêmica.

A família Xavier, por sua vez, experimentou uma mudança significativa em sua abordagem agrícola com a liderança do filho e de sua esposa, optando por novos paradigmas e adotando práticas mais modernas com a assistência de órgãos governamentais e assistência técnica especializada.

Segundo Barros, Henriques e Mendonça (2000), o investimento em capital humano no Brasil é notavelmente baixo, sendo ainda mais escasso para famílias de baixa renda. Essa desigualdade persistente cria disparidades significativas e dificulta a mobilidade social, deixando as gerações futuras em desvantagem devido à falta de preparação educacional adequada. Como resultado, o mercado de trabalho tende a desvalorizar o trabalho de indivíduos com baixa escolaridade, exacerbando ainda mais a desigualdade social e econômica.

A origem familiar desempenha um papel significativo na determinação da renda agrícola no Brasil. Em geral, a renda obtida por uma família no setor agrícola tende a ser maior quanto maior for o nível de educação dos membros dessa família (NEY; HOFFMANN, 2003; BENINI; NOVAES; ZANDOVAL, 2006; SILVA; SOUZA; SILVA, 2012).

No entanto, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que mais de 15% dos estabelecimentos agropecuários são operados por produtores que nunca tiveram acesso à educação formal. Por outro lado, apenas 5,58% desses estabelecimentos possuem ensino superior, e somente 0,29% têm mestrado ou doutorado. Isso destaca a necessidade crucial da educação para a população, mesmo em um contexto de modernização e tecnificação.

A partir das informações apresentadas nos vídeos, fica evidente a presença de quatro tipos de desigualdades sociais no Brasil relacionado à agropecuária:

- ✓ Aqueles que não têm acesso à tecnologia, mas têm afinidade com o trabalho na terra, vivendo em condições de extrema pobreza.

- ✓ Aqueles que têm acesso à tecnologia, amam a terra, recebem apoio do estado e praticam a agricultura familiar de maneira sustentável, seguindo os princípios da agroecologia.

- ✓ Aqueles que estão envolvidos em uma agricultura rudimentar, sem acesso a tecnologias e orientação sobre o uso de agrotóxicos, mas que estão buscando uma abordagem mais moderna, sustentável e orientada para a gestão de pragas.

- ✓ Aqueles que exploram a terra de maneira predatória, sem preocupação com o meio ambiente, visando apenas a agricultura industrial em larga escala. Esses frequentemente são grandes latifundiários envolvidos em monoculturas, contribuindo para o êxodo rural e causando impactos ambientais significativos.

Por meio dessas desigualdades, fica evidente a importância da agricultura familiar quando apoiada pelo governo, como um modelo sustentável capaz de melhorar a condição dos pequenos produtores (BUAINAIN, 2007). A agricultura familiar ganhou destaque mais recentemente no Brasil, com o renascimento do movimento sindical após o fim da ditadura militar. No entanto, ganhou reconhecimento e apoio significativos, incluindo a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF).

De acordo com dados do IBGE a partir do censo agropecuário de 2017, o Brasil possui 5.073.324 estabelecimentos agropecuários. Destes, 77% (cerca de 3,9 milhões) são classificados como agricultura familiar, ocupando aproximadamente 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários do país. No estado do Espírito Santo, existem 108.014 estabelecimentos agropecuários que ocupam uma área de 3,25 milhões de hectares (Figura 15). A agricultura familiar no estado corresponde a 7,6% de toda a área ocupada pela agricultura familiar no Brasil (IBGE, 2017). Isso destaca que esses agricultores são responsáveis por produzir cerca de 80% dos alimentos consumidos pelos capixabas (INCAPER, 2019).



**Figura 15.** Propriedade do modelo de produção familiar em Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

#### **4. Agroecologia e o futuro da produção sustentável**

Em contraposição à Revolução Verde, que promoveu uma abordagem na qual a ciência era considerada o único conhecimento válido e desvalorizou todas as outras formas de sabedoria que não fossem "cientificamente comprovadas", surgiu a agroecologia. Santos et al. (2020) destacam que essa abordagem anterior considerava as práticas dos agricultores familiares, camponeses e caipiras como ineficazes.

Segundo Souza (2021b), o termo "agroecologia" existe desde os anos 1930, mas sua importância científica foi reconhecida nas últimas quatro décadas. A agroecologia se desenvolveu para analisar os impactos socioambientais e orientar a implementação de programas de desenvolvimento rural baseados em princípios sustentáveis.

De acordo com Gliessmann (2001), a agroecologia é a aplicação dos princípios e conceitos da ecologia no planejamento e manejo de sistemas

agrícolas sustentáveis. Altieri (1989) a define como uma ciência emergente que integra conhecimentos de agronomia, ecologia, economia e sociologia para estudar agroecossistemas.

No entanto, Guzmán (2002) argumenta que a agroecologia não pode ser considerada apenas uma ciência, pois incorpora conhecimentos tradicionais que, por definição, não são científicos. Já Leff (2002) vê a agroecologia como um novo paradigma de produção, uma verdadeira integração de ciências, técnicas e práticas para uma produção ecologicamente sustentável.

A agroecologia surgiu como uma ciência que fornece orientação para a agricultura de base agroecológica, considerando limites no uso de recursos naturais e técnicas que visam a produção em harmonia com a qualidade ambiental. Isso resulta em benefícios como o aumento da produtividade e a redução dos custos com insumos externos (CAPORAL; COSTABABER, 2002).

A agroecologia abrange as ciências humanas, econômicas e ambientais. Em sistemas de produção baseados na agroecologia, não existe um conjunto padronizado de técnicas que garantam a rentabilidade, pois leva em conta a singularidade de cada local. Na agroecologia, não há "receitas prontas", mas sim diversas abordagens que consideram as características físicas, sociais, econômicas e culturais de cada região (BORSATTO; DO CARMO, 2012).

Segundo Souza (2021b), a agricultura familiar desempenha um papel fundamental na agroecologia, mas carecem de assistência, conhecimento e perseverança. A epistemologia colabora para o desenvolvimento dessa ciência, onde o conhecimento tradicional dos agricultores se combina com o conhecimento científico para promover o desenvolvimento rural sustentável.

Um dos desafios enfrentados pelos pequenos produtores familiares é a presença de áreas degradadas que exigem atenção e manejo adequado para se tornarem produtivas novamente.

## **5. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas**

Um dos desafios significativos enfrentados pelos pequenos produtores familiares é a presença de áreas degradadas ou ecossistemas degradados.

Essas áreas representam espaços que, após sofrerem distúrbios (Figura 16), apresentam as seguintes características:

a) Perda da vegetação nativa, juntamente com a eliminação dos meios de regeneração biótica, como bancos de sementes, bancos de plântulas, chuva de sementes e órgãos ou partes que permitiriam a rebrota das plantas, incluindo a perda da camada fértil do solo;

b) Destruição, remoção ou expulsão da fauna que originalmente habitava a região;

c) Alterações na qualidade e no regime de vazão do sistema hídrico local.

Essas características foram definidas por Carpanezi et al. (1990) e pelo IBAMA (1990) para descrever áreas que sofreram degradação ambiental. Essas áreas representam um desafio significativo para os pequenos agricultores familiares, que muitas vezes precisam lidar com a recuperação e restauração desses ecossistemas degradados para torná-los produtivos novamente.



**Figura 16.** Área de pastagem degradada no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, 2005. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2006.

Na agricultura, existem várias técnicas que podem ter impactos negativos no meio ambiente. Uma das práticas mais conhecidas é a queimada, que é frequentemente usada na preparação do solo e pode resultar na diminuição da

fauna e da vegetação, levando ao desequilíbrio de todo o ecossistema. Além disso, problemas como a degradação do solo, a contaminação e a perda de biodiversidade estão frequentemente associados à falta de práticas adequadas de conservação do solo.

Ao considerar os cuidados para melhorar a qualidade do solo, é comum que os termos "recuperação", "reabilitação" e "restauração" sejam mencionados de forma intercambiável, como se fossem processos idênticos (REIS, 2010). No entanto, Toy e Daniels (1998) definem três categorias distintas de tratamento para a melhoria do solo:

✓ **Reabilitação:** este processo envolve a restauração do solo à sua forma e produtividade originais, de acordo com a sua capacidade de uso. Isso inclui a restauração da estabilidade do solo e do equilíbrio ecológico, de modo que não contribua substancialmente para a deterioração ambiental e esteja em consonância com os valores estéticos da área circundante.

✓ **Recuperação:** a recuperação do solo se concentra em tornar o local novamente adequado para abrigar organismos que originalmente habitavam a área ou para atrair populações semelhantes às originais.

✓ **Restauração:** neste caso, o objetivo é reproduzir as condições do local no momento anterior à perturbação ou degradação. A restauração visa retornar o ambiente à sua condição original.

No entanto, é importante observar que, de acordo com Souza (2021), os termos "reabilitação" e "recuperação" são frequentemente usados como sinônimos nos dias de hoje (Figura 17). Isso significa que, na prática atual, esses termos podem ser intercambiáveis e se referir ao processo de restaurar a qualidade e as condições do solo.

De acordo com Souza (2021b), levando em consideração as práticas atuais e os modelos de produção recomendados pela agroecologia, é possível definir a recuperação ambiental como o processo de tratamento de áreas que foram alteradas ou perturbadas com o objetivo de criar pedopaisagens estáveis e condições edáficas (relativas ao solo) que possam sustentar-se por si mesmas. Isso implica em restaurar o solo às suas condições originais, exigindo o mínimo de manutenção.





**Figura 17.** Antiga área da pastagem degradada (Figura 16) do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba recuperada. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Além disso, a recuperação ambiental deve levar em consideração a presença das comunidades locais no local recuperado, garantindo que elas possam conviver harmoniosamente com a nova paisagem e dentro de uma nova realidade socioeconômica. Esse processo visa promover maior equidade social, ou seja, uma distribuição mais justa dos benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Dessa forma, a recuperação socioambiental proposta assegurará a verdadeira autossustentabilidade do ecossistema ou do agroecossistema, garantindo que eles possam prosperar em longo prazo de forma equilibrada e em harmonia com as comunidades humanas que dependem deles.

## **6. Considerações**

O direito a uma alimentação de qualidade é assegurado por lei. Negar esse direito a qualquer indivíduo é um ato de desumanização, independentemente de sua classe social, etnia, cor da pele, crença religiosa ou qualquer outro fator social que possa distinguir uma pessoa da outra. No entanto, observa-se que o atual modelo de produção agropecuário está privando uma parcela significativa da sociedade desse direito fundamental.

A "Quarta Revolução Agrícola," também conhecida como "Revolução 4.0," teve seu início entre 2011 e 2013 e trouxe mudanças significativas. A principal delas é a produção em larga escala de tecnologias baseadas na intensa geração de dados. Ao contrário da terceira revolução, essa tecnologia gera dados e conexões pela *internet* com intervenção humana mínima. Esse período pós-terceira revolução se caracteriza pela sofisticação das tecnologias digitais, incluindo conceitos de *software* em rede, que causaram uma ruptura em relação à revolução industrial e provocaram transformações econômicas globais. A questão que se coloca é se os produtores familiares conseguirão acessar essa nova fase de desenvolvimento.

As práticas agropecuárias que se baseiam nos princípios da agroecologia, apesar de enfrentarem desafios para sua disseminação (muitas vezes gerados por pessoas de maior poder aquisitivo que exercem grande influência sobre os governantes e, conseqüentemente, sobre as políticas públicas), representam o modelo ideal de produção. Isso ocorre porque, ao contrário de um modelo que beneficia apenas um grupo restrito de pessoas, a agroecologia beneficia a todos, sem distinção.

A função das políticas públicas é garantir o bem-estar da população e melhorar a qualidade de vida. Portanto, é de fundamental importância investir cada vez mais em políticas públicas justas voltadas para a reforma agrária, com foco na agricultura familiar. Essas políticas podem contribuir para o desenvolvimento rural sustentável, gerando renda e oportunidades nas áreas rurais por meio da adoção de práticas de produção agroecológica.

Nos três Estudos de Caso avaliados, cabe ressaltar que ao analisar essas famílias e, ou, comunidade, fica evidente a desigualdade social que permeia cada situação. Enquanto a primeira família (Sítio do Mato, BA) enfrenta condições precárias de vida, como a falta de acesso a água de qualidade e eletricidade, a família Kern desfruta de recursos como terra fértil, sementes de qualidade e assistência técnica eficaz. A família Xavier, por sua vez, experimentou uma mudança significativa em sua abordagem agrícola com a liderança do filho e de sua esposa, optando por novos paradigmas e adotando práticas mais modernas com a assistência de órgãos governamentais e assistência técnica especializada.

Assim, é possível destacar que a agricultura familiar possui a força necessária para promover o Desenvolvimento Rural Sustentável, especialmente quando há compartilhamento de conhecimentos e saberes agroecológicos entre agricultores, pesquisadores, estudantes, extensionistas, políticos e técnicos, além da participação ativa dos governos federal, estadual e municipal. Isso pode levar a uma transição no campo, passando de uma agricultura predatória e industrial para uma agricultura sustentável. Algumas formas de recuperação ambiental incluem:

✓ Plantio direto/cultivo mínimo: uma técnica que evita o solo ficar exposto aos raios solares e à erosão por precipitação, promovendo a retenção de matéria orgânica no solo; e

✓ Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): estratégia que envolve a integração de diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais em uma mesma área, promovendo a recuperação de áreas degradadas.

A agroecologia pode ser vista como um passo além da Agricultura 4.0, avançando para o que pode ser chamado de Agricultura 5.0. Isso ocorre porque a agroecologia engloba uma ampla gama de conhecimentos interdisciplinares na busca por sistemas agroecológicos sustentáveis. Essa abordagem promove práticas agrícolas que evitam o uso de produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente, buscando, assim, uma agricultura ecologicamente sustentável e socialmente justa.

## 7. Referências

AKPOTI, K.; KABO-BAH, A. T.; ZWART, S. J. Agricultural land suitability analysis: State-of-the-art and outlooks for integration of climate change analysis. **Agricultural Systems**, v. 173, p.172-208, 2019. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.02.013.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. 2. ed. Rio de Janeiro: PTA- FASE, 1989. 240 p.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, A.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 3, p. 869-890, 2015.

ALVES, E.; ROCHA, D. P. Ganhar tempo é possível? In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Orgs.). **A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010. p. 275-290.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Censo agropecuário: que realidade do campo brasileiro se quer mostrar?** Disponível em: <<https://agroecologia.org.br/2017/04/06/censo-agropecuário-que-realidade-do-campo-brasileiro-se-quer-mostrar/>>. Acesso em: 1 out. 2019.

ANTUNES, M. **O desmonte da Conab e a política agrícola suicida do governo Bolsonaro**. Disponível em: <<https://www.brasildefato.com.br/2020/09/16/artigo-o-desmonte-da-conab-e-a-politica-agricola-suicida-do-governo-bolsonaro>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

AQUINO, J. R.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 1, p. 123-142, 2018.

ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura familiar na região centro-sul do estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 1, p. 155-177, 2005.

BALL, P. Acting on the global food crisis. **The Lancet**, v. 386, n. 109, p. 12-31, 2015.

BARROS, R. P. de; HENRIQUES, R.; MENDONÇA, R. **Education and equitable economic development**. Economia, Niterói, 2000.

BENINI, C. S. A.; NOVAES, C. A.; GALVÃO, A. L. C. **Sustentabilidade e padrão de consumo: alternativas para o desenvolvimento sustentável**. 2006. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

BENINI, C. S. A.; NOVAES, C. A.; ZANDOVAL, R. L. O. **A Agricultura Familiar no Brasil**. 2006. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

BORSATTO, R. S.; CARMO, M. S. do. Agroecologia e sua epistemologia. **Interciência**, v. 37, n. 9, p. 711-716, 2012.

BROWN, G. **Dirt to Soil: One Family's Journey into Regenerative Agriculture**. Chelsea Green Publishing. 2018.

BUAINAIN, A. M. (Coord.) **Agricultura familiar e inovação tecnológica no Brasil: características, desafios e obstáculos**. Unicamp, 2007.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 13-16, abr./maio de 2002.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: **Anais...** Congresso Florestal Brasileiro. 1990. p. 216-221.

CATAÑO HOYOS, C. J.; D'AGOSTINI, A. Segurança alimentar e soberania alimentar: convergências e divergências/Food Security and Food Sovereignty: convergences and divergences. **REVISTA NERA**, [S. l.], n. 35, p. 174-198, 2017. DOI: 10.47946/rnera.v0i35.4855. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/4855>. Acesso em: 27 set. 2023.

CHRISTIAN, D. **Origens**: uma grande história de tudo. São Paulo, SP. Ed. Companhias das Letras, 2019.

CORRÊA, A. J. Distribuição de renda e pobreza na agricultura brasileira. Piracicaba: **Editora Unimep**, 1998.

COSTA, M. B. B.; SOUZA, M.; MULLER JÚNIOR, V.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E. Agroecologia no Brasil – 1970 a 2015. **Agroecologia**, v. 10, n. 2, p. 63-75, 2015.

Família Kern – SC. **Programa Globo Rural, 2017**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KMfSK7ev7dY&t=7s>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

Família Sítio do Mato – Bahia. **Programa Globo Rural, 2014**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=l80LrpqxE78>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

Família Xavier - MG. **Programa Globo Rural, 2018**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=F14JKHqWbB8>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **A fome no mundo. 2019**. Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/fr/c/1601180/#:~:text=O%20Brasil%20tem%203%2>. Acesso em: 14 ago. 2021.

FINATTO, R. A.; SALAMONI, G. Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 199-217, 2008.

FINATTO, R. A.; SALAMONI, G. Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 199-217, 2008.

FRANÇA, C. G.; DEL GROSSI, M. E.; MARQUES, V. P. M. DE A. **Censo Agropecuario Familiar 2006 e a Agricultura Familiar no Brasil**. Brasília: NÚCLEO DE ESTUDOS AGRÁRIOS E DESENVOLVIMENTO RURAL (NEAD), 2009.

GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 658 p.

GUANZIROLI, C. E.; VINCHON, K. Agricultura familiar nas regiões serrana, norte e noroeste fluminense: determinantes do processo de geração de renda. **Revista**

de **Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 353-367, 2019.

GUERRA, C. de S.; SILVA, M. B. O. da. Direito à soberania alimentar no capitalismo periférico. **Revista direitos e práxis**, n. 17, p. 13-21, 2021.

GUZMÁN, E. S. **Agroecología e desarrollo rural sustentable**. In: Curso intensivo em agroecologia: princípios e técnicas ecológicas aplicadas à agricultura, 11, 2002, Seropédica. Palestra. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. Não publicado.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília: IBAMA, 1990. 95 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Grupos de área total, segundo indicadores da agricultura familiar e não familiar - FAO (ibge.gov.br). Disponível em: <http://sidra.ibge.gov.br/tabela/1273>. Acesso em: 22 ago. 2021.

IBGE. **Censo Agro 2017**. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agr/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/produtores.htm](https://censos.ibge.gov.br/agr/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/produtores.htm)>.

IBGE. **Dores do Rio Preto - IBGE**.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 10 ago. 2020

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2019. **Agricultura Familiar do Espírito Santo: produção de água e alimentos saudáveis**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kPq8y7luX6A>. Acesso em: 22 ago. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. **A taxa consolidada de desmatamento por corte raso para os nove estados da Amazônia Legal em 2020 foi de 10.851 km<sup>2</sup>**. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?cod\\_noticia=5811](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?cod_noticia=5811)>. Acesso em: 11 ago. 2021

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder**. México: Siglo XXI/UNAM/PNUMA, 1998. (Tercera edición, revisada y aumentada, 2002).

LOPES, P. R. et al. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v.8, n.2, p.1-38. 2014.

MALAQUIAS, J. O da S.; XAVIER, S. A. B.; SILVA, M. A. B. da; PEIXOTO, P. M. C.; SOUZA, M. N.; MOREIRA, C. G.; MOURA NETO, H.; ZACARIAS, A. J.; CARVALHO, C. S.; TOREZANI, R. Degradação ambiental pelo fator antrópico: uma breve análise da agropecuária, seus impactos ao meio ambiente e formas de mitigação. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas**

**degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 167-205. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c4>

MAPBIOMAS. **17,5% do Brasil já queimou pelo menos uma vez em 20 anos**. 2021. Disponível em: <http://plataforma.mapbiomas.org>. Acesso em: 22 ago. 2021.

MENEGUZZO, I. S.; CHAICOUSKI, A. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

MILLER JUNIOR, G. Tyler. **Ciência Ambiental**. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 501 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do mundo**. 2018. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-e-8a-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>. Acesso em: 1 out. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agroecologia alavanca vida do agricultor familiar**. 2016. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agroecologia-alavanca-vida-do-agricultor-familiar>. Acesso em: 1 out. 2019.

MUNER, L. H. de et al. Sustentabilidade da cafeicultura do conilon no Espírito Santo. In.: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 625-647

NEUMANN, E.; FAJARDO, S.; MARIN, M. Z. As transformações recentes do espaço rural brasileiro: Análises do papel do Estado nas políticas de desenvolvimento rural das décadas de 1970 a 1990. **RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 40, p. 191-208, 2017.

NEY, M. G.; HOFFMANN, R. **Origem familiar e desigualdade de renda na agricultura**. 2003.

OTTONICA, S. L. C.; ATAYDE, G.R.; SANTA-EULALIA, L. A. O Big Data no desenvolvimento da indústria 4.0: novas perspectivas para o empreendedorismo acadêmico. In MARTÍNEZ-ÁVILA, D.; SOUZA, E. A.; GONZALES, M. E. Q. (Eds.) **Informação, conhecimento, ação autônoma e big data: continuidade ou revolução?** Marília: Oficina Universitária. São Paulo. Cultura Acadêmica. Filo Czar. 2019.

PADUA, J. B.; SCHLINDWEIN, M. M.; GOMES, E. P. Agricultura familiar e produção orgânica: uma análise comparativa considerando os dados dos censos de 1996 e 2006. **Interações (Campo Grande)**, v. 14, n. 2, p. 225-235, 2013.

PEREIRA, H. C. **Convencional, orgânico ou agroecológico: percepção de consumidores em feiras da região metropolitana de Vitória, ES**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Sustentabilidade do Instituto Federal campus de Alegre). Alegre, 2022. 62 p.

PICOLOTTO, E. L. Os atores da construção da Categoria agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 1, p. 63–84, 2014.

REIS, M. R. **Recuperação de áreas degradadas como ferramenta de gestão ambiental**. 2010. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental - Universidade Candido Mendes - RJ. 2010.

RIBEIRO-SILVA, R. de C. et al. Covid-19 pandemic implications for food and nutrition security in Brazil. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25, n. 9, p. 3421-3430, 2020.

SANTOS, A. A.; BARACHO, I. P. S.; MELO, M. G.; SANTOS, V. M.; SANTOS, V. M. Interdisciplinaridade, agroecologia e homem como sujeito ativo na relação com a natureza. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 9. p. 69208-69225. 2020.

SANTOS, A. S. A modernização da agricultura no Brasil: Transições Agrícolas e Autogestão. **Revista desafios**, v. 7, n. 3, p. 209-229, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uftv7-8777>.

SANTOS, H. L. P. C. et al. Necropolitics and the impact of covid-19 on the black community in brazil: A literature review and a document analysis. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, p. 4211-4224, 2020.

SENNA, D. S. **Cafeeiro conilon em sistema agroflorestal: qualidade física do solo e carbono orgânico**. 2019. 90 fls. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Alegre, ES, 2019.

SILVA, B. R. da; FRARE, T. R.; GIANINI, H.; BOTELHO, W. C.; QUINTINO, L. F.; MENEGATTI, V. **As necessidades de qualificação de mão de obra na indústria 4.0**. Semana acadêmica revista científica. 2017.

SILVA, I. K. dos S. **A reforma agrária no governo Dilma**. Dissertação de mestrado em Serviço Social. Universidade Federal de Sergipe, 2017.

SILVA, J. M. P.; CAVICHIOLI, F. A. **O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo**. Interfase tecnologia. 2020.

SILVA, M. A. A.; SOUZA, M. N.; SILVA, D. M. A informalidade na produção da cachaça no município de Rio Pomba, MG. **Extensão Rural (Santa Maria)**, v.19, p. 75-104, 2012. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/ extensaorural/issue/view/388>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SILVA, M. A. A.; SOUZA, M. N.; SILVA, D. M. A informalidade na produção da cachaça no município de Rio Pomba, MG. **Extensão Rural (Santa Maria)**, v.19, p. 75-104, 2012. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/ extensaorural/issue/view/ 388>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SILVA, R. M. A.; NUNES, E. M. Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 61, p. 1-22, 2022



SIQUEIRA, H. M.; SENNA, D. S.; ARAÚJO, J. B. S.; SILVA, M. W.; TURBAY, E. R. M. G. Análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 223, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v15i5.23125>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023b. 322 p. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5>.

SOUZA, M. N. A complexidade dos meios de produção convencionais e a quebra de paradigmas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021b. p. 23-36.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021c.133 p.

STÉDILE, J. P.; CARVALHO, H. M. de. Soberania alimentar. In: CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTO, G. Dicionário da educação do campo. **Expressão Popular**, Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, FIOCRUZ. Rio de Janeiro, São Paulo, v. 37, p. 716-725, 2012.

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands. **Encyclopedia of environmental analysis and remediation**. New York: John Wiley, v. 3, p. 4078-4101, 1998.

TRUGILHO, G. A. **Contribuições do “Programa Reflorestar” para intervenções conservacionistas e produtivas em propriedades rurais do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre). 2023. 73 p.

VERONA, L. A. F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura. **Horticultura brasileira**, v. 28, n. 2, p. 52-66 (Suplemento - CD Rom), julho 2010.

WEID, J. M. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 353-376.

WILLIAMS, R. **O campo e a cidade**. São Paulo: Companhia das Letras, v. 3, p. 106, 1989.

---

## Pluriatividade no novo rural brasileiro e o papel da agroecologia

Geisa Corrêa Louback, Maurício Novaes Souza, Gláucia Maria Ferrari, Hudson Covre Pereira, Bruno de Lima Preto, Karla Maria Pedra de Abreu, Roberta Cunha Vieira, Luana Soares Egidio, Guilherme Andrião Trugilho, Aline Marchiori Crespo, Andre Geaquinto Ferri

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c10>

### Resumo

Nos primeiros tempos da vida rural no Brasil, a característica mais marcante era a diversidade de atividades nas propriedades rurais, que garantia a autossuficiência. A descentralização das práticas agrícolas e pecuárias era a base da subsistência nas áreas rurais brasileiras. Essa proficiência dos habitantes rurais permitiu que, ao longo dos séculos e após enfrentarem os desafios do sistema de produção convencional, os pequenos agricultores se adaptassem às novas demandas do mercado. Este estudo buscou explorar a pluriatividade no contexto do "novo rural" por meio de uma revisão de literatura. Com o avanço tecnológico e o êxodo rural, muitos habitantes do campo encontraram na pluriatividade a única alternativa viável para sustentar suas famílias, uma vez que a atividade rural tradicional por si só não garantia mais a subsistência. A pluriatividade, portanto, passou a contribuir significativamente para a renda dos pequenos agricultores, introduzindo novas atividades no meio rural. Nesse sentido, os sistemas agroecológicos de produção desempenham um papel importante na melhoria das condições socioambientais, na promoção da saúde e na garantia da segurança alimentar. Observou-se no presente estudo que a cadeia produtiva agroecológica e o consumo estão intrinsecamente ligados, promovendo uma abordagem sustentável à agricultura que beneficia o meio ambiente, as comunidades locais, a saúde e a qualidade dos alimentos. A adoção da pluriatividade, uma característica dos sistemas agroecológicos, emerge como uma alternativa sustentável para que os agricultores familiares possam permanecer no meio rural.

**Palavras-chave:** Permanência no campo. Agroecologia. Sucessão. Desenvolvimento rural sustentável.

## 1. Introdução

A agricultura familiar desempenha um papel essencial na alimentação da maioria da população mundial (BREITENBACH, 2021). No Brasil, exerce uma função decisiva na produção de alimentos que abastecem as mesas das famílias. Além disso, essa atividade contribui para a absorção de mão de obra sazonal, o que ajuda a conter o êxodo rural, impulsiona o desenvolvimento econômico local e diversifica a oferta de alimentos. Além disso, a agricultura familiar é vista como uma prática ambientalmente sustentável (Figura 1).



**Figura 1.** Produção familiar no município de Brejetuba, ES. Fonte: Acervo Roberta Cunha Vieira, 2022.

Quando se trata do Brasil, essa modalidade de agricultura é responsável por fornecer mais de 70% dos alimentos consumidos pela população (SOARES, 2017). Além disso, desempenha um papel decisivo na preservação das comunidades tradicionais, como os indígenas, quilombolas e caiçaras, como aponta Silva (2019).

Portanto, é imperativo garantir condições dignas de trabalho e de vida para os agricultores familiares, mesmo que seja o esteio da segurança alimentar. Surpreendentemente, a agricultura familiar tem frequentemente sido negligenciada nas iniciativas e avanços tecnológicos que ocorrem no setor

agropecuário, especialmente durante a "Revolução Verde" (GRAÇA; LAGES; BARBOSA, 2022; SILVA; SILVA, 2022).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), a agricultura familiar oferece uma oportunidade única para assegurar a segurança alimentar, melhorar a subsistência, manejar os recursos naturais de forma mais eficiente, preservar o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável, especialmente nas áreas rurais. A FAO enfatiza que os agricultores familiares são agentes de mudança, com seu conhecimento e cuidado com a terra, e desempenham um papel fundamental no combate à fome e na construção de um mundo mais equilibrado, resiliente e orientado para o desenvolvimento sustentável (Figura 2).



**Figura 2.** Agricultora do modelo de produção familiar do município de Brejetuba, ES. Fonte: Acervo Roberta Cunha Vieira, 2022.

Além disso, é importante destacar a estreita ligação entre agricultura familiar, produção de alimentos e agroecologia, demonstrando que esta não só é economicamente viável, mas também desempenha um papel essencial na segurança alimentar (SILVA et al., 2021).

A introdução da Revolução Verde, acompanhada de um conjunto de medidas para modernização, incluindo amplos programas de crédito e outros incentivos governamentais (que em grande parte beneficiaram apenas os

grandes produtores), consolidou a ideia de progresso no campo como dependente da intensificação tecnológica, capital e informação (CASTRO, 2017). Esse processo acabou por estigmatizar a agricultura praticada por pequenos agricultores familiares e comunidades tradicionais como atrasada, resultando em desigualdades socioculturais e na marginalização desses grupos.

Sem o apoio econômico e político necessário, os agricultores do modelo de produção familiar enfrentaram dificuldades para acessar as modernas tecnologias agropecuárias, e muitos viram seus trabalhos sendo substituídos por máquinas. Como resultado, aqueles que não migraram para áreas urbanas tiveram que buscar estratégias alternativas para gerar renda e permanecer no campo (CONCEIÇÃO, 2020).

Em épocas anteriores, os agricultores familiares conseguiam se sustentar concentrando-se principalmente em atividades agrícolas. No entanto, com as mudanças decorrentes da Revolução Verde, viram-se obrigados a diversificar suas práticas para além da produção agropecuária tradicional, dando origem ao conceito de pluriatividade (SILVA; SILVA, 2022). A pluriatividade é caracterizada pela combinação contínua de atividades agrícolas e não agrícolas em uma mesma família (SCHNEIDER, 2001; SILVA et al., 2013).

As estratégias desenvolvidas pelos agricultores para enfrentar os desafios diários no campo resultaram em transformações significativas, levando ao surgimento de discussões sobre as chamadas "novas ruralidades" (SILVA, 2019). Hoje, o cenário rural é cada vez mais complexo, e a distinção entre o que é rural e urbano se torna menos clara, tanto em termos de espaço quanto de atividades econômicas (CONCEIÇÃO, 2020).

Esse "Novo Rural" é altamente heterogêneo, e as atividades nele desenvolvidas são influenciadas por diversos fatores, como aspectos regionais, econômicos, sociais e culturais. No campo acadêmico, estudiosos da área têm opiniões diversas sobre essa nova configuração do meio rural.

O presente trabalho buscou, por meio de uma revisão de literatura e estudos de caso, discutir as características da pluriatividade na agricultura familiar no contexto do "Novo Rural" brasileiro e seus impactos nas questões sociais no campo.

Para construir este capítulo, adotou-se uma abordagem metodológica qualitativa e descritiva (GIL, 2008), utilizando uma revisão de literatura que abordou as características da pluriatividade na agricultura familiar no "Novo Rural" brasileiro, com foco nas questões sociais no campo.

Foram selecionados artigos disponíveis *online*, abrangendo o período de 1997 a 2022, obtidos em bases de dados como "Google Acadêmico", "SciELO" e "Biblioteca Digital de Teses e Dissertações". A busca também incluiu a revista científica "Revista de Economia e Sociologia Rural", bem como materiais do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

Os descritores de busca utilizados foram: "agricultura familiar", "agroecologia", "meio rural", "novo rural", "questões sociais no campo", "pluriatividade no campo", "pluriatividade e questões sociais no campo" e "turismo rural".

## 2. Novo rural brasileiro

José Graziano da Silva é um autor fundamental quando se trata do tema do Novo Rural Brasileiro, sendo sua contribuição central para as discussões sobre o assunto. O termo "Novo Rural" emerge como uma expressão que engloba quatro grandes subconjuntos que constituem a agropecuária brasileira (SILVA, 1999; SILVA et al., 2013):

- ✓ Agribusiness e seu sistema de produção moderno de *commodities*, que mantém uma estreita relação com a agroindústria;
- ✓ Agricultura e pecuária rudimentares, predominantemente voltadas para a subsistência, alimentando uma grande população rural que não consegue participar do processo de modernização do agribusiness;
- ✓ Uso do espaço rural para atividades não agrícolas, como moradia, lazer, atividades industriais, entre outras; e
- ✓ Nichos específicos de novas atividades rurais.

Conforme destacado por Whitaker (2009), o ambiente rural pode ser categorizado da seguinte maneira:

- ✓ Rural Tradicional: caracterizado pela resistência e por formas importantes de sociabilidade.

- ✓ Rural Contemporâneo: onde se encontram movimentos de luta pela Reforma Agrária e oposição à hegemonia do latifúndio.
- ✓ Rural Esquecido: onde os atores sociais buscam o reconhecimento dos territórios e sua integração na sociedade, levando em consideração seus valores socioculturais.
- ✓ Novo Rural: um modelo flexível, adaptado às necessidades do ambiente rural. O "novo" não se refere ao agronegócio tradicional, mas sim à adoção de novas tecnologias e alternativas que fortaleçam o agricultor familiar. O Brasil tem uma longa história de latifúndios associados à monocultura, como a *plantation* dos grandes cultivos.

Com a modernização das atividades agropecuárias, houve uma crescente ocupação com fins urbanos na zona rural, levando à conversão de terras rurais em urbanas, muitas vezes sem promover a inclusão social e a sustentabilidade ambiental. Isso resultou na coexistência do Novo Rural e suas características urbanas, com a incorporação de novas tecnologias e o surgimento de atividades não agrícolas que contribuem para a renda familiar dos moradores rurais (SANTORO; PINHEIRO, 2004) (Figura 3).



**Figura 3.** Agricultura do modelo de produção familiar do Novo Rural - técnicas modernas de produção, Brejetuba, ES. Fonte: Acervo Roberta Cunha Vieira, 2022.

O Novo Rural Brasileiro já não se limita apenas à agricultura e inclui atividades que anteriormente eram típicas de ambientes urbanos, como



produção de artesanato, turismo e confecções. Isso representa a pluriatividade no campo (SILVA; HOFFMANN, 2001).

Nesse contexto, como ressalta Ferrari (2020, p. 61), "a proposta do Novo Rural busca superar a oposição existente entre o campo e a cidade, apontando para uma maior valorização do rural em vez de eliminar essa diferença".

### **3. Pluriatividade e sua contribuição para o novo rural**

Por meio da implementação da Revolução Verde no Brasil, foi estabelecido um modelo de produção agropecuário que enfatiza sistemas de cultivo baseados na monocultura, mecanização e uso intensivo de agroquímicos. Esses processos contribuíram diretamente para o êxodo rural no Brasil e para a degradação dos recursos naturais. Conseqüentemente, muitos agricultores familiares se viram pressionados por grandes latifundiários a vender suas propriedades e migrar para áreas urbanas, aumentando a população marginalizada nas cidades (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011; SOUZA, 2023a).

Essa busca por uma agricultura altamente produtiva e orientada pelo capitalismo transformou o cenário agropecuário, evoluindo de um modelo voltado para a produção de alimentos em direção a outro centrado no agronegócio (DAL SOGLIO; KUBO, 2009; SOUZA, 2023b). Em contrapartida à tendência de redução das atividades agropecuárias nas áreas rurais do Brasil, houve um aumento significativo da participação do trabalho não agrícola entre os habitantes das áreas rurais, especialmente durante os anos das décadas de 1990 e 2000 (SAKAMOTO, 2016).

Para buscar oportunidades além da agricultura, houve um aumento considerável no número de moradores das áreas rurais que também possuem atividades profissionais nas áreas urbanas, como nas granjas e nas indústrias têxteis. Em resumo, o meio rural brasileiro passou por um processo de urbanização nas duas últimas décadas, resultado da industrialização da agricultura, ao mesmo tempo em que elementos urbanos se infiltraram em um espaço tradicionalmente considerado rural (Figura 4) (SILVA, 1997; SOUZA, 2023b).



**Figura 4.** População do distrito de Rive, Alegre, ES: vivem e trabalham no meio urbano e rural. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Esse "Novo Rural" teve que se adaptar à ocupação não agrícola e à introdução de atividades não agrícolas. Não se limita mais a depender exclusivamente das fontes de renda das atividades agrícolas, buscando diversificar suas ações com atividades como turismo rural, artesanato e agroindústria (SCHNEIDER, 2003). Assim, a pluriatividade ganhou força e se consolidou como uma alternativa para novas ocupações no meio rural.

Na academia, há debates sobre a origem das atividades diversificadas em práticas agropecuárias. Alguns argumentam que essas atividades sempre existiram, sob o rótulo de setor de subsistência, e que a mudança reside no reconhecimento político e social desse setor. Outros afirmam que a pluriatividade é algo verdadeiramente novo no meio rural, influenciando uma nova configuração desse espaço (VIRGOLIN, 2022).

De acordo com a definição de Schneider e Cassol (2003), a pluriatividade ocorre quando uma família rural exerce, em conjunto com a atividade agrícola, outras atividades não agrícolas. Portanto, a pluriatividade é ao mesmo tempo uma causa e um efeito das atividades não agrícolas, o que Veiga (2003) chama de "simbiose familiar de ocupações agrícolas e não agrícolas".

É importante ressaltar que, em certos cultivos, a renda é obtida apenas no final da safra, enquanto durante a maior parte do ano são necessários

investimentos financeiros para garantir uma boa colheita. Se o pequeno agricultor não tiver um controle financeiro adequado (o que muitas vezes não ocorre), a busca por outras atividades se torna uma questão de sobrevivência (GRAÇAS; LAGES; BARBOSA, 2022). Portanto, independente das razões pelas quais os agricultores se veem obrigados a diversificar suas atividades no campo, a importância da pluriatividade se torna incontestável (Figuras 5 e 6).



**Figuras 5 e 6.** Indústrias na comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

As atividades pluriativas também podem estar relacionadas à preservação e conservação dos recursos naturais, buscando alternativas e tecnologias sociais que considerem a sustentabilidade. Nesse contexto, o Novo Rural se abre para um mundo de possibilidades, onde não apenas a dimensão econômica é relevante, mas também fatores relacionados à preservação da natureza, da qualidade do ar e da água (WHITAKER; SOUZA; WHITAKER, 2016).

Leal et al. (2023) e Souza et al. (2023) afirmaram em um estudo de caso na agroindústria familiar Rancho Sossego, na Vila de Patrimônio da Penha, Divino de São Lourenço, ES, que os agricultores demonstraram um desejo genuíno de mudança. Eles se comprometeram e persistiram na implementação das soluções propostas por um dado programa. Ficou evidente que, à medida que avançavam em direção a uma realidade mais sustentável, o movimento de

agroturismo cresceu e os produtos do Rancho Sossego passaram a ser mais valorizados.

De acordo com esses mesmos autores, as questões levantadas pelo Sistema de Inspeção Municipal (SIM) foram resolvidas, colocando o estabelecimento em conformidade com os regulamentos de fiscalização. A transformação social, ambiental e econômica despertou o interesse de outras propriedades em aderir ao programa, uma vez que observaram os resultados positivos alcançados pelo Rancho Sossego, que foi um dos primeiros a aderir ao programa como "early adopters"<sup>11</sup>.

De acordo com esses autores, este estudo demonstrou claramente a interligação inquebrável entre ensino, pesquisa e extensão. Além de beneficiar a agroindústria, a dimensão social também foi fortalecida. A comunidade local experimentou impactos positivos, como geração de renda, segurança alimentar, implementação de políticas públicas, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), educação ambiental e responsabilidade social.

Os autores concluíram que a disseminação de tecnologias, por meio de abordagens orientadas pelos princípios da extensão rural, possibilitou parcerias frutíferas entre instituições e produtores rurais, mostrando-se viável no contexto da agroindústria familiar de pequeno porte, como o Rancho Sossego. Destacaram ainda que a educação agroecológica e a conscientização ambiental são fundamentais para garantir que a transformação das propriedades e dos agricultores ocorra de maneira adequada, equilibrando os pilares ambiental, social e econômico, rumo ao desenvolvimento sustentável.

Outra tendência no meio rural é a ocupação trabalhista em atividades não agrícolas como serviços domésticos, construção civil e comércio em geral. No entanto, deve-se chamar a atenção para o fato de que o crescimento do número de pessoas e famílias ocupadas em atividades não agrícolas no campo não deve ser imediatamente associado ao fenômeno da pluriatividade nas famílias rurais. Este entendimento permite perceber que essas atividades estão ligadas ao mercado de trabalho, onde a mão de obra utilizada pode ser substituída, não

---

<sup>11</sup> São os primeiros adeptos (*early adopters*): esse termo famoso no mundo do *marketing*. São inovadores e criadores de tendências entre as pessoas, justamente pela curiosidade em utilizar e experimentar novas tecnologias e, ou, produtos (SOUZA et al., 2023).

caracterizando a pluriatividade no meio rural e sim ocupação fora do ambiente rural que agrega na renda familiar (SCHNEIDER, 2003).

A pluriatividade pode indicar soluções ou encaminhamentos para os seguintes desafios: 1) elevar a renda familiar; 2) estabilizar a renda em face da sazonalidade dos ingressos na agricultura; 3) estratégia de diversificação das fontes de ingresso; 4) contribuir na geração de emprego no espaço rural; 5) reduzir as migrações campo-cidade; 6) estimular os mercados locais e desenvolver os territórios rurais; 7) contribuir para estimular mudanças nas relações de poder e gênero; 8) modificar o sentido da terra e do rural (SILVA, 1999; BERDEGUÉ; REARDON; ESCOBAR, 2001; SOUZA, 2023b) (Figura 7).



**Figura 7.** Sítio Santa Rita, Espera Feliz, MG: produção de cafés especiais e diversas atividades associadas. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

No contexto do Novo Rural, a pluriatividade emerge como uma estratégia promissora que se alinha com a necessidade de transformação dos modelos agropecuários predominantes. Representa uma abordagem flexível e multifacetada para o desenvolvimento das áreas rurais e, quando combinada com a adoção de novas mentalidades e práticas voltadas para o campo, como a Agroecologia, desempenha um papel fundamental na promoção da permanência das famílias e jovens nesse ambiente em evolução.

### 3. Pluriatividade e a agroecologia

Ao traçar uma linha do tempo que retrata a insustentabilidade da agricultura brasileira, podem-se identificar diversos pontos de partida, desde o período da colonização e escravidão até os dias atuais. Essa trajetória inclui a chegada dos imigrantes europeus e a concessão de terras a eles, a implementação da agricultura tradicional e a exploração intensiva dos recursos naturais, bem como a introdução da Revolução Verde, o conseqüente êxodo rural e o crescimento do agronegócio com o uso crescente de tecnologias voltadas para a industrialização da produção agrícola. Ao longo desses períodos, fica evidente que o meio rural brasileiro sempre esteve permeado por uma diversidade de atividades, com diferentes modelos agropecuários contribuindo para o fortalecimento da agropecuária no país.

As mudanças econômicas, sociais e ambientais que o campo brasileiro vem experimentando nas últimas décadas estão provocando uma reorganização das atividades e dos espaços rurais. Isso abre novas possibilidades para o desenvolvimento desse ambiente. No contexto da pluriatividade, a agroecologia emerge como uma ferramenta importante para fortalecer várias atividades e tecnologias adaptáveis às necessidades dos agricultores. Portanto, os princípios da agroecologia, quando aliados à pluriatividade, podem contribuir para a criação de um ambiente propício à conservação ambiental nas propriedades rurais (Figura 8).



**Figura 8.** Sítio Santa Rita, Espera Feliz, MG: pluriatividades associadas à produção de cafés especiais. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

A agroecologia, conforme definido por Caporal e Costabeber (1998), baseia-se em premissas que enfatizam que o desenvolvimento humano não deve ser reduzido apenas ao crescimento econômico, mas deve considerar a interconexão entre as pessoas e a natureza, bem como o respeito à biodiversidade. Os sistemas agroecológicos podem representar uma alternativa para o desenvolvimento das áreas rurais, levando em consideração suas particularidades sociais, econômicas, culturais e ecológicas.

Nesse contexto, a agroecologia se torna não apenas um princípio, mas também uma prática relevante. Surge como resultado da resistência às contradições entre as lógicas produtivas e se torna um instrumento para superar a visão segmentada do campo, enxergando-o como um espaço de vida social (FERRARI, 2020).

Para Barbosa, Brandenburg e Lages (2017), a pluriatividade na agroecologia permite que os agricultores rompam com o sistema produtivo agrícola convencional, valorizando um sistema multiprodutivo que integra atividades agrícolas e não agrícolas; ou seja, a produção de bens e serviços multissetoriais. A pluriatividade, quando associada à agroecologia, contribui para o fortalecimento da economia local, envolvendo os atores locais e incorporando seus conhecimentos (Figuras 9 e 10).



**Figuras 9 e 10.** A - Área degradada convertida em B - sistema agroflorestal (SAF) com café, abacate e banana, Muniz Freire, ES. Fonte: Guilherme Trugilho, 2023.

Tanto a pluriatividade quanto a agroecologia são temas relevantes no contexto das novas ruralidades. Em sistemas agroecológicos, diversas atividades, sejam agrícolas ou não, são desenvolvidas, promovendo a diversificação de práticas no espaço rural. Exemplos incluem o agroecoturismo, artesanato, apicultura, piscicultura, entre outros (SOARES, 2017).

Práticas pluriativas com abordagem agroecológica podem desempenhar um papel crucial na retenção dos jovens no campo, ajudando a resolver o problema do êxodo rural, que afeta o envelhecimento da população rural. Muitos fatores contribuem para a migração dos jovens, incluindo a falta de perspectivas de ascensão social, acesso limitado à educação e oportunidades de emprego nas áreas rurais e atração pela vida urbana (MARIN, 2020).

Conforme a pesquisa que Ferrari (2020) destacou, os planos de vida dos jovens que vivem no campo refletem a valorização do meio rural como um espaço de vida social, mas também evidenciam a falta de direitos e alternativas profissionais que possam garantir oportunidades de emprego e independência financeira, tanto na agricultura quanto em outras áreas.

No entanto, exemplos práticos demonstram que a pluriatividade com base na agroecologia pode motivar os jovens a permanecer no campo e dar continuidade às práticas familiares. Famílias que adotam sistemas agroecológicos e pluriatividade conseguem garantir sustento e qualidade de vida, além de atrair o interesse das novas gerações em continuar a tradição familiar (MORORÓ; FERREIRA; FILHO, 2021).

Um Estudo de Caso realizado por Gonçalves et al. (2023) teve por objetivo descrever as experiências de mobilização e organização da juventude envolvida na transição agroecológica na Comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, ES, considerando os aspectos sustentáveis econômicos, culturais, religiosos e ambientais. A participação ativa da Comunidade na feira da agricultura familiar de Alegre, juntamente com a criação da agroindústria Frumel, desempenhou um papel fundamental na promoção e expansão da produção agroecológica nas propriedades rurais.

Segundo esses mesmos autores, este processo também teve um impacto significativo na capacitação e envolvimento das mulheres na produção,



processamento e comercialização de produtos alinhados aos princípios da agroecologia, graças ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Além disso, a aquisição de 30 alqueires de terra por meio do Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF) incentivou os jovens a escolherem o campo como uma oportunidade de liberdade e realização pessoal.

Essas iniciativas foram tão bem-sucedidas que transformaram a comunidade em um polo de empreendedores rurais. Além das atividades agroecológicas, a organização incentivou os moradores a oferecerem uma variedade de serviços, gerando renda adicional para as famílias agricultoras e reduzindo a necessidade de buscar empregos fora da comunidade. Isso ampliou significativamente as oportunidades de emprego e renda local, demonstrando aos jovens que existem alternativas de desenvolvimento baseadas em valores como solidariedade, igualdade e fraternidade. Esse novo paradigma fortaleceu o senso de pertencimento e capacitou líderes comunitários com visão de desenvolvimento local.

Toda essa transformação, focada na agroecologia e na diversificação da produção agrícola, ocorrida ao longo dos últimos 15 anos, desempenhou um papel fundamental na mudança de perspectiva da juventude de Feliz Lembrança. Essa abordagem permitiu a criação de uma identidade coletiva na comunidade, por meio do associativismo, mantendo a diversidade e buscando constantemente melhorar as condições de vida na comunidade. Essa mudança de paradigma resultou na significativa redução do êxodo rural, permitindo a continuidade das tradições familiares e a sucessão nas atividades agrícolas nas propriedades (*ibidem*).

Portanto, a agroecologia, quando integrada à pluriatividade, emerge como uma ferramenta poderosa para transformar a realidade no campo. Ela não apenas promove a permanência dos jovens, mas também contribui para a preservação ambiental e oferece oportunidades sustentáveis de desenvolvimento para as comunidades rurais (POLLNOW; CALDAS, 2021).

## 4. Cadeia produtiva agroecológica e consumo

A cadeia produtiva agroecológica e o consumo estão interconectados em um sistema que busca promover práticas agrícolas sustentáveis e saudáveis. A agroecologia é uma abordagem que considera a agricultura como parte de um ecossistema maior e visa promover a harmonia entre os sistemas agropecuários e naturais. Em uma análise ampla, observa-se que a cadeia produtiva agroecológica e o consumo se relacionam da seguinte forma (WHITAKER; SOUZA; WHITAKER, 2016; SOARES, 2017; VIRGOLIN, 2022; SOUZA et al., 2023):

### 1. Produção Agroecológica

✓ **Práticas Sustentáveis:** na agroecologia, os agricultores adotam práticas sustentáveis, como o uso mínimo de agroquímicos ou fertilizantes sintéticos, rotação de culturas, diversificação de espécies e sistemas agroflorestais.

✓ **Preservação da Biodiversidade:** a agroecologia valoriza a biodiversidade e promove a conservação dos ecossistemas locais, o que contribui para a manutenção de serviços ecossistêmicos, como polinização e controle natural de pragas.

### 2. Processamento e Distribuição:

✓ **Processamento Sustentável:** na cadeia produtiva agroecológica, os produtos são frequentemente processados de maneira sustentável, com foco na preservação de nutrientes e na redução do desperdício.

✓ **Distribuição Local:** muitas vezes, os sistemas agroecológicos enfatizam a distribuição local (ciclo curto de distribuição)<sup>12</sup>, reduzindo a pegada de carbono associada ao transporte de alimentos a longas distâncias, respostas rápidas às demandas de mercados locais, sustentabilidade ambiental, promoção de produtos locais e melhor atendimento ao cliente.

---

<sup>12</sup> A expressão "distribuição local" ou "ciclo curto de distribuição" geralmente se refere a um processo de distribuição de produtos ou serviços que ocorre em um nível geográfico restrito, em oposição a uma distribuição que abrange grandes áreas geográficas.

### 3. Consumo Responsável:

✓ **Escolhas Conscientes:** os consumidores desempenham um papel fundamental ao escolherem alimentos produzidos de forma agroecológica. Eles podem apoiar agricultores locais que adotam práticas sustentáveis, optando por alimentos orgânicos ou de agricultura familiar.

✓ **Conscientização Ambiental:** o consumo consciente inclui a conscientização sobre os impactos ambientais da produção de alimentos, bem como a escolha de produtos que tenham menor impacto.

### 4. Comunidades Locais:

✓ **Fortalecimento Comunitário:** a produção agroecológica muitas vezes ocorre em escala local, fortalecendo as comunidades e a economia local. Isso pode contribuir para a resiliência das comunidades rurais.

✓ **Conexão entre Produtores e Consumidores:** os consumidores muitas vezes têm uma conexão direta com os produtores, o que pode aumentar a confiança e a transparência na cadeia de suprimentos (Figura 11).



**Figura 11.** Feirinha agroecológica no V Encontro Anual de Agroecologia (ENA) no Ifes campus de Alegre. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

## 5. Educação e Conscientização:

✓ **Promoção da Educação:** a agroecologia frequentemente envolve programas de educação e conscientização para agricultores e consumidores, visando disseminar melhores práticas e conhecimento sobre sistemas alimentares sustentáveis.

## 6. Saúde e Nutrição:

✓ **Alimentos Saudáveis:** a produção agroecológica geralmente resulta em alimentos mais saudáveis, com menores teores de resíduos de agroquímicos e maiores valores nutricionais.

A questão do consumo, particularmente quando se consideram os aspectos socioeconômicos e culturais, podem ser fatores limitantes à venda de produtos provenientes de sistemas agroecológicos de produção. De acordo com Altieri (2012), o mercado da agroecologia procura oferecer preços mais justos por meio dos esquemas locais de comercialização e das interações com os consumidores. No entanto, de acordo com Altieri e Nicholls (2021), ainda há uma longa trajetória até que seja possível chegar a um equilíbrio entre os custos desse modelo de produção, a oferta e a demanda.

A agroecologia, como ciência integradora, fornece princípios e práticas que libertam o agricultor das amarras dos insumos químicos, que prejudicam o meio ambiente e a saúde das pessoas, em nome de uma agricultura moderna, que visa lucro e a produtividade. Dessa maneira, proporciona as mais diversas interações trazendo novamente os ambientes equilibrados (ALTIERI; NICHOLLS, 2021).

Contudo, há de se considerar o custo de produção: é influenciado pela escala de produção. Assim, o alto custo dos alimentos orgânicos limita o acesso destes por parte significativa da sociedade. Em muitos casos, o preço dos produtos é ainda mais elevado se comparado aos valores praticados para os alimentos convencionais: a justificativa para que isso ocorra está relacionada

ao fato da demanda por esses produtos ser superior à sua oferta no mercado consumidor (BENEVIDES, 2018; PEREIRA, 2022).

Augusto e Sachuk (2007) afirmam que a agricultura orgânica “[...] possui custos de produção superiores ao cultivo tradicional, uma vez que essa não se utiliza de tecnologia intensiva nos insumos empregados no processo produtivo”, elevando o aumento dos preços desses produtos no mercado. Apesar de compreenderem sobre o alto custo das produções, os dados levantados junto aos consumidores consultados tanto nas pesquisas desses mesmos autores quanto no estudo realizado por Pereira (2022), apontam que a qualidade dos produtos orgânicos e, ou, agroecológicos superam os preços praticados, fazendo com que os consumidores relevem essa questão durante a escolha de seus produtos.

Assis e Romeiro (2002) afirmam que “[...] fator preço é sem dúvida um componente fundamental para a ampliação da base de consumo de produtos orgânicos” em consonância ao que é apresentado por Benevides (2018), que afirma a necessidade de que seja pensada, por parte dos produtores, uma estratégia que busque por um mercado em massa, não restringindo a comercialização e o consumo desses produtos a uma determinada classe de consumidores.

Barbosa e Lages (2006) afirmam que a sociedade contemporânea se preocupa em buscar por um consumo de produtos que propiciem mais benefícios para a saúde de sua família. Apesar de perceberem a diferença entre os preços praticados nos produtos convencionais e orgânicos e, ou, agroecológicos, sentem-se satisfeitos por realizar um consumo por meio de práticas sustentáveis e saudáveis.

Além da vantagem de adquirir esses produtos diretamente de produtores rurais, como ocorre nas feiras livres, a pesquisa realizada por Pereira (2022) revelou que o custo muitas vezes mais elevado não é um obstáculo significativo para o consumo desses produtos. Os consumidores que participaram da enquête demonstraram disposição a pagar mais por produtos que consideram mais saudáveis e alinhados com suas preocupações ambientais.

A referida pesquisa teve como objetivo avaliar a percepção dos consumidores nas feiras da região metropolitana de Vitória, ES. As análises realizadas permitiram um levantamento conceitual que destacou as principais considerações sobre os tipos de produção agrícola, incluindo a produção convencional, orgânica e agroecológica. No trabalho, ficou evidente que os consumidores associam os produtos agroecológicos e orgânicos à ideia de produtos saudáveis, tornando-os uma referência na relação entre qualidade de vida e boa alimentação.

Além disso, os estudos analisados enfatizaram a importância do pequeno produtor e sua autonomia no processo de produção e comercialização de seus produtos. Essa autonomia é vista como um aspecto positivo pelos consumidores, que valorizam a relação direta com os produtores.

No campo prático da pesquisa, os dados obtidos por meio da aplicação dos questionários corroboraram as informações teóricas. Os resultados apontaram que a relação com os produtos desempenha um papel fundamental tanto na escolha dos produtos quanto na escolha do local de compra. Os consumidores valorizam a oportunidade de conhecer melhor a origem dos produtos, incluindo informações sobre os modos de produção, durante o processo de compra.

Portanto, o estudo atingiu seu objetivo geral, fornecendo *insights* valiosos sobre a percepção dos consumidores de feiras na região da Grande Vitória, ES, em relação aos principais aspectos relacionados aos tipos de produção dos produtos agrícolas que consomem. Os participantes demonstraram estar bem informados sobre os produtos consumidos e valorizam a relação direta com os produtores, considerando isso ao fazerem suas escolhas de consumo (Figuras 12 e 13).

Foi observado, de acordo com os dados apresentados nos estudos analisados, que os consumidores associam produtos orgânicos e agroecológicos a uma busca por uma alimentação mais saudável, especialmente por serem produzidos sem a utilização de agrotóxicos. Eles têm consciência dos custos envolvidos nos processos de produção e, conseqüentemente, de comercialização desses produtos.



**Figuras 12 e 13.** Feiras de produtos orgânicos e agroecológicos na Grande Vitória, ES. Fonte: Pereira, 2022.

A percepção dos consumidores em relação ao consumo de produtos orgânicos e agroecológicos estão relacionadas a diversos benefícios, incluindo (Pereira, 2022):

1. **Bem-Estar Pessoal:** os consumidores veem o consumo desses produtos como uma escolha que beneficia sua saúde pessoal, pois evitam a exposição a substâncias químicas nocivas presentes em agrotóxicos.
2. **Responsabilidade Ambiental:** reconhecem a produção consciente e sustentável associada a esses produtos, o que contribui para a preservação do meio ambiente e a redução da contaminação de solos e água por produtos químicos.
3. **Responsabilidade Social:** os consumidores percebem as feiras livres como importantes espaços de apoio aos pequenos produtores rurais. Ao comprar diretamente desses produtores, eles contribuem para a autonomia econômica desses agricultores e para a disseminação de informações sobre práticas de produção mais sustentáveis.

Espera-se que os resultados desse estudo e de outros com o mesmo perfil contribuam para a disseminação de informações seguras sobre os modos de produção orgânicos e agroecológicos. É fundamental considerar a realidade dos

pequenos produtores e de seus consumidores, com o objetivo de ampliar esse nicho de mercado e promover uma agricultura mais sustentável e saudável.

Em resumo, a cadeia produtiva agroecológica e o consumo estão intrinsecamente ligados, promovendo uma abordagem sustentável à agricultura que beneficia o meio ambiente, as comunidades locais, a saúde e a qualidade dos alimentos. Essa abordagem valoriza a conexão entre produtores e consumidores e incentiva escolhas alimentares conscientes que levam em consideração os impactos sociais e ambientais da produção de alimentos.

## **5. Considerações**

A presença de pequenas propriedades rurais tem se transformado em um ato de resistência diante do sistema econômico predominante no mercado agrícola e pecuário, tanto nacional quanto internacional. Por intermédio da agricultura familiar, baseada na diversificação de atividades e na adoção de práticas agroecológicas, os agricultores familiares conseguem manter a viabilidade econômica de suas atividades.

No contexto da agricultura brasileira, a introdução de práticas agroecológicas e a mudança no modelo de produção, com foco na proteção ambiental e na preservação das tradições locais, têm o potencial de fortalecer o desenvolvimento rural. No entanto, o que frequentemente se observam é a desintegração das comunidades rurais voltadas para a subsistência em detrimento do crescimento do agronegócio empresarial do modelo convencional de produção.

Para muitos consumidores, produtos agroecológicos e orgânicos são considerados sinônimos de saúde e qualidade de vida. Isso faz com que esses produtos sejam referências quando se trata de fazer escolhas alimentares. Portanto, a importância dos agricultores familiares e a necessidade de fortalecer sua autonomia na produção e na comercialização de seus produtos são evidentes. Produtos oriundos de sistemas agroecológicos não apenas proporcionam benefícios sociais e ambientais significativos para a sociedade, mas também refletem no bem-estar pessoal, na responsabilidade ambiental e na responsabilidade social.



A adoção da pluriatividade, uma característica dos sistemas agroecológicos, emerge como uma alternativa sustentável para que os agricultores familiares possam permanecer no meio rural. Isso ocorre por meio da diversificação de atividades produtivas que mantêm vínculos com a terra e valorizam o meio ambiente e os conhecimentos locais de cada comunidade rural. É fundamental fortalecer os laços entre os agricultores familiares e seus consumidores, ampliando esse nicho de mercado por meio de circuitos alimentares de proximidade.

Em resumo, a preservação das pequenas propriedades rurais, a promoção da agricultura familiar e a adoção de práticas agroecológicas representam uma resposta importante aos desafios enfrentados no cenário agrícola atual. Essas abordagens não apenas contribuem para a sustentabilidade e a preservação cultural, mas também atendem às demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e responsáveis do ponto de vista ambiental e social.

## 6. Referências

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19. **Desenvolvimento e Meio ambientes**, n. 57, p. 245-257, 2021.
- ALTIERI, M. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, n. 16, v. 13, p. 22-32, 2012.
- ALVES, E. R de A.; SOUZA, G. da S.; MARRA, R. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 10, n. 2, abr./mai./jun., p. 80-88, 2011.
- ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R.. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 6, p. 67-80, 2002.
- AUGUSTO, C. A.; SACHUK, M. I. Competitividade da agricultura orgânica no estado do Paraná. **CADERNO DE ADMINISTRAÇÃO**, v. 15, n. 2, p. 9-18, 2007.
- BARBOSA, L. C. B. G.; BRANDENBURG, A.; LAGES, A. M. G. A Pluriatividade na Agroecologia como uma Alternativa de Desenvolvimento para o Ambiente Rural. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 86-96, 2017.

BARBOSA, L. C. G.; LAGES, A. M. G. Crença e certificação de produtos orgânicos: o exemplo da feira livre de Maceió. **Anais...** III Encontro da ANPPAS, 2006.

BENEVIDES, R. R. T. **Agricultura convencional versus agricultura orgânica: uma proposta de ensino CTS.** Dissertação de Mestrado, IFSP. São Paulo. 2018.

BERDEGUÉ, J. L.; REARDON, T.; ESCOBAR, G. La creciente importancia del empleo y el ingreso rurales no agrícolas. In: ECHEVERRÍA, R. G. (Ed.). **Desarrollo de las economías rurales.** Washington: BID, 2001.

BREITENBACH, Raquel. Estratégias de enfrentamento dos efeitos da pandemia na agricultura familiar. **Desafio Online**, v. 9, n. 1, p. 188-211, 2021. DOI: <https://doi.org/10.55028/don.v9i1.10941>

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Extensão rural e agroecologia.** Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 1998.

CASTRO, L. F. P. Agricultura Familiar: Perspectivas e desafios para o desenvolvimento rural sustentável. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 192, p. 142-154, 2017.

CONCEIÇÃO, F. C. da. Multifuncionalidade e pluriatividade rural. **Revista Tocantinense De Geografia**, n. 9, v. 18, p. 103-112, 2020.

DAL SOGLIO, F.; KUBO, R. R. **Planejamento e gestão para o desenvolvimento rural da SEAD/UFRGS.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **UN - Introducing the UN Decade of Family Farming.** 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/family-farming-decade/en/>. Acesso em: 13 maio 2022.

FERRARI, G. M. **Jovens do campo e projetos de vida: experiências dos egressos do PROEJA com Alternância do Instituto Federal Baiano – Campus Santa Inês.** 2020. 225 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, M. M.; EGIDIO, L. S.; SILVA, M. A. P. da; SILVA, F. de S.; SOUZA, M. N. Vivências em agroecologia e o papel da juventude no combate ao êxodo rural: uma realidade na Comunidade de Feliz Lembrança, Alegre – ES. **Cadernos de Agroecologia.** ISSN: 2236-7934 - Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - v. 19, n. 1, 2023.

GRAÇA, R. L.; LAGES, A. M. G.; BARBOSA, L. C. B. G.. As novas faces do desenvolvimento rural no Brasil: tecendo uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 1, p. 1255-1278, 2022.

LEAL, V. M.; AMBROSIM, J. F.; PRETO, B. de L.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; PENNA JÚNIOR, C. O. A indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão no desenvolvimento sustentável da agricultura familiar: estudo de caso da agroindústria Rancho Sossego. **Cadernos de Agroecologia**. Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, 2023. ISSN 2236-7934.

MACHADO, A. G.; CAUME, D. J. Multifuncionalidade e Pluriatividade como alternativas de desenvolvimento da agricultura familiar no Brasil. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Grupo Familiar e Ruralidade. Rio Branco-Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

MARIN, M. Z. Agricultura familiar, pluriatividade e juventude rural no Município de Guarapuava-PR. **Tópicos em Ciências Sociais Volume 7**, p. 26, 2021.

MORORÓ, V. M. A.; FERREIRA, H. C. H.; FILHO, A. S. F. Juventude rural, agricultura familiar e turismo um estudo etnográfico. **RITUR - Revista Iberoamericana de Turismo**, v. 11, p. 119-141, 2021.

PEREIRA, H. C. **Convencional, orgânico ou agroecológico: percepção de consumidores em feiras da região metropolitana de Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Sustentabilidade do Instituto Federal campus de Alegre). Alegre, 2022. 62 p.

POLLNOW, G. E.; CALDAS, V. C. Agroecologia e sucessão geracional na agricultura: Novas possibilidades para juventude rural? **Estudios Rurales**, v. 11, n. 22, p. 2250-4001, 2021.

SAKAMOTO, C. S.; NASCIMENTO, C. A.; MAIA, A. G. As Famílias Pluriativas e Não Agrícolas no Rural Brasileiro: condicionantes e diferenciais de renda. **Rev. Econ. Sociol. Rural** [online], v. 54, n. 3, p. 561-582, 2016.

SANTORO, P.; PINHEIRO, E. **O município e as áreas rurais**. São Paulo: Instituto Pólis, 2004.

SCHNEIDER, S. A pluriatividade como estratégia de reprodução social da agricultura familiar no Sul do Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 16, p.164-184, 2001. Disponível em: <https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/191.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.

SCHNEIDER, S. **Pluriatividade na Agricultura Familiar**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2003.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. **A agricultura familiar no Brasil**. Série Documentos de Trabajo N° 145. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile, 2003.

SILVA, G. M. G.; SILVA, J. N. **Pluriatividade da agricultura familiar e os efeitos da pandemia de Covid-19 na comunidade Travessa São Pedro II,**

**Santa Maria do Pará.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 2022.

SILVA, H. M. **Economia pluriativa e geração de renda da agricultura familiar Quilombo Cavahada-Flores-PE.** Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

SILVA, J. F. G. DA; HOFFMANN, R. **Caracterização do Novo Rural Brasileiro: 1992 - 1998 / fase III.** Pesquisa Fapesp, São Paulo, p. 14-17, out. 2001.

SILVA, J. G. DA. **O Novo Rural Brasileiro.** Campinas: Ed. Unicamp, 1999.

SILVA, J. G. DA. O Novo Rural Brasileiro. **Nova economia**, v. 7, n. 1, p. 1997.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; SIQUEIRA, C. B. **Sistemas agroflorestais (SAFs) e a cafeicultura.** In: Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 40-50.

SILVA, J. V.; LOPES, V. S.; ALMEIDA, M. V. R. de; GIRÃO, A. L. de A.; QUEMEL, P. da S.; OLIVEIRA, R. T. de; OLIVEIRA, T. S. de. **Segurança alimentar de agricultores agroecológicos do Semiárido Brasileiro.** Revista ELO – Diálogos em Extensão, [S.l.], v. 10, 2021. DOI: 10.21284/elo.v10i.11021. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/elo/article/view/11021>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, M. A. A.; SILVA, D. M.; SILVA, J. M. M.; COSTA, L. R.; SOUZA, M. N. Informalidade e redes sociais: famílias produtoras de cachaça no município de Rio Pomba, MG. Por Extenso: **Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural**, v. 4, p.127-135, 2013.

SOARES, J. A. P. **A pluriatividade na agricultura familiar: estudo nos assentamentos Agrovila Rio Verdinho em Rio Verde (GO) e Nossa Senhora de Guadalupe em Jataí (GO).** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós Graduação em Geografia, 2017.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023b. 322 p. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023a. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N.; MEDEIROS NETO, J.; MONTEIRO, R. J.; VIÇOSI, D. B.; LEAL, V. M.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; NOVAES, C. A. de; NOVAES, G. A. de; PINHEIRO, A. C. M.; CRESPO, A. M.; NASCIMENTO, P. de O. Extensão rural - acesso à informação e ao livre mercado. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers,

2023. p. 276-313. **ISBN:** 978-65-84548-14-5. DOI:  
<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c10>

VEIGA, J. E. da. **Cidades Imaginárias:** o Brasil é menos urbano do que se calcula. Campinas: Autores Associados, 2003.

VIRGOLIN, I. W. C. Pluriatividade. **Revista História: Debates e Tendências**, v. 22, n. 1, p. 143-159, 2022.

WHITAKER, D. C. A. **Memória Social, Meio Ambiente e Envelhecimento no Brasil Rural:** três olhares (estudo comparativo). Pesquisa de produtividade. CNPq, 2009.

WHITAKER, V. A.; SOUZA, M. F. de; WHITAKER, D. C. A. **Paradoxos emergentes da ruralidade.** Retratos de Assentamentos, v. 2, n. 19, p. 375-406, 2016.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O "Antropoceno" é uma era geológica que marca o impacto significativo da atividade humana no planeta. Nas últimas décadas, testemunharam-se mudanças geológicas profundas causadas pelo ser humano. As atividades humanas também resultaram na alteração da composição da atmosfera, com o aumento das concentrações de dióxido de carbono e metano, gases do efeito estufa que contribuem para as mudanças climáticas globais. Essas mudanças climáticas terão impactos duradouros na Terra por milênios.

É evidente que o atual modelo de crescimento econômico, que prioriza a maximização dos lucros em detrimento do meio ambiente e do bem-estar social, precisa ser revisto. Os recursos naturais são limitados: o tempo para tomar medidas é escasso; portanto, a busca por soluções deve ser ágil, mas também responsável, considerando a segurança e o bem-estar das futuras gerações.

O Brasil ostenta uma notável riqueza de biodiversidade que lamentavelmente está sendo impactada de maneira negativa pelas atividades humanas, levando inúmeras espécies de plantas e animais à beira da extinção. Esse cenário coloca em perigo o equilíbrio frágil dos diversos biomas presentes no país.

Em meio a essa situação, o banco de sementes emerge como um aliado vital no processo de regeneração natural dos ecossistemas. Entretanto, para assegurar o estabelecimento de uma estrutura vegetal equilibrada, capaz de permitir a sucessão ecológica, é de extrema importância que o banco de sementes contenha espécies representantes dos diferentes grupos funcionais.

Nos Capítulos I, II e IV evidenciou-se que a polinização é um processo de importância ímpar que ocorre em variados ecossistemas, abrangendo desde florestas até áreas agrícolas. Esse processo é fundamental para a reprodução de diversas espécies de plantas, garantindo a produção de sementes que, por sua vez, viabiliza a geração de novos indivíduos e sua incorporação nos ambientes naturais, incluindo florestas maduras, zonas em regeneração e áreas agrícolas.

As abelhas nativas desempenham um papel excepcional como polinizadoras eficazes de numerosas espécies de plantas, tanto silvestres quanto cultivadas. Isso as coloca como um grupo animal funcional de extrema

importância em variados ambientes, incluindo aqueles que sofreram a perda da vegetação e estão no processo de regeneração. O papel vital das abelhas nativas na polinização é fundamental para a promoção do crescimento saudável das plantas e para a restauração de ecossistemas degradados.

A manutenção da biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros dependem de ações efetivas para conservar e proteger espécies de plantas e animais, assim como os processos ecológicos essenciais como a polinização. Daí a importância das abelhas nativas, como valiosas polinizadoras: desempenham um papel significativo na regeneração de ambientes degradados, contribuindo para a reintrodução de diversas espécies vegetais e, por conseguinte, para a restauração do equilíbrio ecológico.

A presença de diversos grupos de abelhas desempenha um papel importante na garantia da reprodução de várias espécies vegetais, incluindo culturas importantes como o café. As abelhas são componentes essenciais para a manutenção da biodiversidade global, oferecendo serviços ecossistêmicos vitais para a produção agrícola.

Para melhorar os ambientes agrícolas e aproveitar os benefícios dos conhecimentos ecossistêmicos, como o uso de plantas de crescimento espontâneo e plantas alimentícias não convencionais (PANCs), são fundamentais incentivar a capacidade das pessoas e dos produtores rurais em reconhecer espécies botânicas com características úteis. Além disso, é importante promover ativamente o uso dessas plantas e ensinar como aproveitar seu potencial para incorporá-las à produção agrícola.

A conservação e proteção dos polinizadores, especialmente as abelhas, são de extrema importância para a manutenção da biodiversidade global, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas. As abelhas desempenham um papel vital na polinização de uma variedade de culturas, contribuindo diretamente para a produção de alimentos. Além disso, a preservação dos habitats naturais e a redução do uso de pesticidas prejudiciais às abelhas são medidas fundamentais para garantir que esses polinizadores continuem desempenhando seu papel essencial no equilíbrio dos ecossistemas e na produção de alimentos.

Portanto, a identificação e cultivo deliberado de plantas ruderais e PANCs nas áreas de produção de café não são apenas benéficos para os agricultores, mas também para o meio ambiente e as comunidades locais. Isso promove a sustentabilidade agrícola, a diversificação da produção e o fortalecimento da segurança alimentar, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação da biodiversidade e o aprimoramento da produção de mel.

A promoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a consorciação de culturas e o estímulo à flora apícola, desempenha um papel fundamental na atenuação dos desafios à sustentabilidade socioambiental, mantendo a saúde e o equilíbrio dos ecossistemas. A colaboração entre agricultores, apicultores, cientistas e formuladores de políticas é essencial para o sucesso e a sustentabilidade dessas estratégias.

Reconhecer que os problemas ambientais são muitas vezes resultados da busca implacável pelo lucro é fundamental. Portanto, é necessário repensar os processos de exploração e acumulação de recursos naturais, pois há uma clara contradição entre os princípios do atual sistema capitalista e a conservação do equilíbrio ambiental.

No capítulo III, certificou-se que a biosfera opera com um mecanismo de regulação intrínseca, mantendo a saúde do planeta ao controlar as condições químicas e físicas através da reciclagem de nutrientes. A vida, um fenômeno complexo, é estudada por várias disciplinas científicas e se insere na categoria de sistemas abertos e contínuos, que conseguem reduzir o caos interno, aproveitando recursos e energia do ambiente e depois os devolvem na forma de substâncias decompostas.

Nas últimas décadas, observam-se mudanças significativas nos principais ciclos geoquímicos do planeta. O aumento do dióxido de carbono na atmosfera, a diminuição de áreas de plataformas continentais e terras úmidas, bem como a destruição de florestas tropicais, têm impactado negativamente o equilíbrio do nosso planeta. Práticas agrícolas ineficientes e queimadas contribuem para a emissão de grandes quantidades de gases, superando as emissões da indústria e do aumento do nível do mar. Isso ameaça a capacidade autorreguladora e purificadora da Terra.



Recentemente, a população humana atingiu níveis que representam uma proporção significativa da biomassa total. As espécies moldam seu comportamento por meio de estratégias de adaptação que visam aprimorar a reprodução, resultando na diversidade de vida que vemos hoje em nosso planeta.

É fundamental reconhecer que várias funções ambientais têm implicações econômicas. A negligência e a exploração excessiva causaram desequilíbrios que resultaram em impactos ambientais negativos, afetando o desenvolvimento econômico. O Brasil desempenha um papel significativo nesse cenário, contribuindo para a degradação de seus recursos naturais e do meio ambiente, muitas vezes em nome do desenvolvimento.

Contudo, atualmente, estamos vendo o surgimento de um novo tipo de consumidor, mais consciente das questões socioambientais que estão moldando o mercado. Nesse contexto, é essencial que os sistemas de produção adotem princípios de sustentabilidade socioambiental. Isso significa considerar não apenas as implicações sociais do trabalho, mas também o uso de tecnologias de baixo impacto ambiental alinhado com a saúde humana.

Essa mudança de paradigma é essencial para garantir um futuro mais equilibrado, onde o progresso econômico ocorra em harmonia com a conservação do meio ambiente e a promoção do bem-estar social. O objetivo é alcançar uma harmonia mais completa entre a humanidade e a natureza, onde o desenvolvimento sustentável seja a base de nossas atividades.

Nesse contexto, como também ficou evidenciada nos Capítulos VII e VIII, a agroecologia desempenha um papel de extrema relevância. A agroecologia é uma abordagem que busca a integração de práticas agrícolas sustentáveis, respeitando os ciclos naturais, promovendo a biodiversidade, reduzindo o uso de agroquímicos e valorizando o conhecimento local. Ela não apenas contribui para a produção de alimentos saudáveis e a conservação dos recursos naturais, mas também fortalece as comunidades rurais, promovendo a justiça social e econômica.

Nesse contexto mais amplo, a agroecologia é um exemplo concreto de como podemos reformular nossos sistemas de produção para atender às demandas de um mundo mais consciente e preocupado com a sustentabilidade.

Ao adotar princípios agroecológicos, podemos criar sistemas alimentares mais resilientes, equitativos e ambientalmente responsáveis, contribuindo para uma harmonização mais completa entre a humanidade e a natureza e garantindo um futuro mais promissor para as próximas gerações.

A promoção da diversidade e a modernização das metodologias são essenciais. O mundo complexo de hoje requer acesso livre à informação, tecnologias compreensíveis e disponíveis para todos, especialmente para os produtores da agricultura familiar. Soluções para problemas complexos podem ser simples, desde que sejam reinventadas e executadas.

Por exemplo, o emprego de águas residuárias tratadas, como foi mostrado no Capítulo VIII, representa uma estratégia eficaz para reduzir os gastos com fertilizantes químicos na agricultura. Essas águas frequentemente contêm nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, que podem beneficiar o crescimento das plantas.

Ao incorporar águas residuárias tratadas nos sistemas de irrigação, os agricultores podem aproveitar esses nutrientes naturais, reduzindo assim a dependência de fertilizantes químicos dispendiosos e, ao mesmo tempo, essencial para garantir a segurança alimentar e promover a sustentabilidade ambiental. Ou seja, o uso de águas de qualidade inferior, como as águas residuárias tratadas, pode trazer benefícios para cultivos agrícolas em regiões semiáridas, contribuindo para o aumento da produtividade e a redução dos custos com fertilizantes químicos.

No Capítulo V, vimos que no contexto atual, em que a degradação dos solos, em grande parte devido ao monocultivo, é uma preocupação crescente, torna-se cada vez mais urgente a necessidade de adotar medidas que promovam o reflorestamento. Essas ações não apenas visam melhorar a qualidade do ambiente, mas também têm o objetivo de gerar benefícios sociais por meio da promoção de práticas agropecuárias sustentáveis.

As políticas públicas desempenham um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável, ao fornecer diretrizes e incentivos que alinham as atividades rurais com metas socioambientais. Um exemplo notável é o apoio ao sequestro de carbono e ao incentivo ao plantio de árvores, medidas que vão além de simplesmente oferecer uma fonte de renda adicional aos agricultores.

Elas também desempenham um papel fundamental na regeneração dos ecossistemas e na garantia do fornecimento sustentável de produtos florestais.

A iniciativa de sequestro de carbono, por exemplo, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, ajudando a mitigar os impactos das mudanças climáticas. Além disso, o incentivo ao plantio de árvores não apenas ajuda a atender à demanda por produtos de madeira, mas também promove a conservação da biodiversidade e a restauração de áreas degradadas.

É importante destacar que o sucesso dessas políticas depende da integração de práticas agropecuárias sustentáveis com a adoção de tecnologias apropriadas e da conscientização das comunidades rurais. Nesse sentido, o desenvolvimento e a promoção de tecnologias sustentáveis desempenham um papel fundamental para garantir que as atividades agropecuárias sejam conduzidas de maneira ecologicamente responsável.

Por meio de parcerias estratégicas entre governos, organizações não governamentais e a sociedade civil é possível criar um ambiente favorável para a eficaz execução dessas políticas públicas, contribuindo assim para um futuro mais sustentável, onde a qualidade do ambiente e os benefícios sociais sejam equilibrados de forma harmoniosa.

No Capítulo VI, observou-se o papel fundamental na disseminação da importância das Unidades de Conservação (UC) para a preservação ambiental, particularmente em relação à sua aplicação no contexto educacional. Ficou evidente que a criação e manutenção dessas áreas dependem do comprometimento de toda a sociedade.

Diante das imperativas necessidades de preservação de locais especiais como as UCs, propôs-se uma ênfase maior no desenvolvimento de projetos que promovam a expansão das áreas de conservação e preservação em nível municipal. Essa abordagem representa uma oportunidade valiosa para uma exploração consciente do ambiente, com a maior parte da utilização voltada para escolas e para a comunidade em geral. Além disso, ela valoriza as comunidades locais e suas culturas, enquanto enfatiza a responsabilidade ambiental.

Essa abordagem educacional não apenas amplia o conhecimento dos estudantes sobre questões ambientais, mas também os capacita a adotar medidas concretas em prol da conservação da biodiversidade e da

sustentabilidade. Ao fornecer aos alunos informações sólidas sobre o funcionamento dos ecossistemas, a importância das UCs e a interconexão entre a preservação ambiental e o bem-estar humano, as escolas desempenham um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e responsáveis.

Portanto, é essencial que educadores, gestores escolares e formuladores de políticas reconheçam a relevância da educação ambiental e seu impacto positivo na formação da próxima geração de líderes ambientalmente conscientes. Investir nesse tipo de educação é uma estratégia eficaz para promover a conservação ambiental e assegurar um futuro sustentável.

Consolida a ideia de que a educação deve ser reformulada para orientar sobre as melhores práticas de aprendizado e estimular o pensamento crítico e ético. A pesquisa científica deve ser ampliada para entender os processos e mecanismos ambientais, com foco na recuperação e proteção dos ecossistemas.

A interdisciplinaridade é essencial para compreender os processos ambientais e desenvolver novos modelos de produção e consumo que preservem os recursos naturais. Essas mudanças permitirão uma transformação nas relações entre sociedade e natureza, reduzindo sua dependência econômica.

É fundamental fortalecer a base legal para o uso sustentável dos recursos naturais, incluindo solo, água e conservação de mananciais. As políticas públicas devem ser voltadas para o desenvolvimento sustentável, envolvendo governos, setor produtivo, organizações da sociedade e cada indivíduo.

A agricultura agroecológica apresenta benefícios, como a diversificação de culturas e a conservação ambiental. No entanto, são necessárias pesquisas mais aprofundadas e novas abordagens para tornar os agricultores familiares competitivos no mercado.

A busca por soluções sustentáveis envolve políticas públicas que estimulem um novo modelo de produção e desenvolvimento, com foco na redistribuição da população rural, produção de alimentos básicos, manejo adequado do solo e uso responsável dos recursos hídricos. O uso de tecnologias adequadas e a promoção de sistemas agroflorestais são essenciais.

A transformação é necessária para alcançar um desenvolvimento equitativo que reduza a pobreza, mas isso requer esforços conjuntos de todos os setores da sociedade. A educação, a ética, a política e a cultura devem estar alinhadas com o objetivo de preservar a qualidade do meio ambiente para as gerações presentes e futuras.

No Capítulo IX vimos que a "Quarta Revolução Agrícola," também conhecida como "Revolução 4.0," teve seu início entre 2011 e 2013 e trouxe mudanças significativas. A principal delas é a produção em larga escala de tecnologias baseadas na intensa geração de dados. Ao contrário da terceira revolução, essa tecnologia gera dados e conexões pela *internet* com intervenção humana mínima.

Esse período pós-terceira revolução se caracteriza pela sofisticação das tecnologias digitais, incluindo conceitos de *software* em rede, que causaram uma ruptura em relação à revolução industrial e provocaram transformações econômicas globais. A questão que se coloca é se os produtores familiares conseguirão acessar essa nova fase de desenvolvimento.

As práticas agropecuárias que se baseiam nos princípios da agroecologia, apesar de enfrentarem desafios para sua disseminação (muitas vezes gerados por pessoas de maior poder aquisitivo que exercem grande influência sobre os governantes e, conseqüentemente, sobre as políticas públicas), representam o modelo ideal de produção. Isso ocorre porque, ao contrário de um modelo que beneficia apenas um grupo restrito de pessoas, a agroecologia beneficia a todos, sem distinção.

A função das políticas públicas é garantir o bem-estar da população e melhorar a qualidade de vida. Portanto, é de fundamental importância investir cada vez mais em políticas públicas justas voltadas para a reforma agrária, com foco na agricultura familiar. Essas políticas podem contribuir para o desenvolvimento rural sustentável, gerando renda e oportunidades nas áreas rurais por meio da adoção de práticas de produção agroecológica.

Nos três Estudos de Caso avaliados nesse Capítulo IX, cabe ressaltar que ao analisar essas famílias e, ou, comunidade, fica evidente a desigualdade social que permeia cada situação. Enquanto a primeira família (Sítio do Mato, BA) enfrenta condições precárias de vida, como a falta de acesso a água de

qualidade e eletricidade, a família Kern desfruta de recursos como terra fértil, sementes de qualidade e assistência técnica eficaz. A família Xavier, por sua vez, experimentou uma mudança significativa em sua abordagem agrícola com a liderança do filho e de sua esposa, optando por novos paradigmas e adotando práticas mais modernas com a assistência de órgãos governamentais e assistência técnica especializada.

Assim, é possível destacar que a agricultura familiar possui a força necessária para promover o Desenvolvimento Rural Sustentável, especialmente quando há compartilhamento de conhecimentos e saberes agroecológicos entre agricultores, pesquisadores, estudantes, extensionistas, políticos e técnicos, além da participação ativa dos governos federal, estadual e municipal. Isso pode levar a uma transição no campo, passando de uma agricultura predatória e industrial para uma agricultura sustentável.

A agroecologia pode ser vista como um passo além da Agricultura 4.0, avançando para o que pode ser chamado de Agricultura 5.0. Isso ocorre porque a agroecologia engloba uma ampla gama de conhecimentos interdisciplinares na busca por sistemas agroecológicos sustentáveis. Essa abordagem promove práticas agrícolas que evitam o uso de produtos químicos prejudiciais ao meio ambiente, buscando, assim, uma agricultura ecologicamente sustentável e socialmente justa.

A presença de pequenas propriedades rurais tem se transformado em um ato de resistência diante do sistema econômico predominante no mercado agrícola e pecuário, tanto nacional quanto internacional. Por intermédio da agricultura familiar, baseada na diversificação de atividades e na adoção de práticas agroecológicas, os agricultores familiares conseguem manter a viabilidade econômica de suas atividades.

No contexto da agricultura brasileira, a introdução de práticas agroecológicas e a mudança no modelo de produção, com foco na proteção ambiental e na preservação das tradições locais, têm o potencial de fortalecer o desenvolvimento rural. No entanto, o que frequentemente se observam é a desintegração das comunidades rurais voltadas para a subsistência em detrimento do crescimento do agronegócio empresarial do modelo convencional de produção.

Para muitos consumidores, produtos agroecológicos e orgânicos são considerados sinônimos de saúde e qualidade de vida. Isso faz com que esses produtos sejam referências quando se trata de fazer escolhas alimentares. Portanto, a importância dos agricultores familiares e a necessidade de fortalecer sua autonomia na produção e na comercialização de seus produtos são evidentes. Produtos oriundos de sistemas agroecológicos não apenas proporcionam benefícios sociais e ambientais significativos para a sociedade, mas também refletem no bem-estar pessoal, na responsabilidade ambiental e na responsabilidade social.

A adoção da pluriatividade, sugerida no Capítulo X, uma característica dos sistemas agroecológicos, emerge como uma alternativa sustentável para que os agricultores familiares possam permanecer no meio rural. Isso ocorre por meio da diversificação de atividades produtivas que mantêm vínculos com a terra e valorizam o meio ambiente e os conhecimentos locais de cada comunidade rural. É fundamental fortalecer os laços entre os agricultores familiares e seus consumidores, ampliando esse nicho de mercado por meio de circuitos alimentares de proximidade.

Em resumo, a preservação das pequenas propriedades rurais, a promoção da agricultura familiar e a adoção de práticas agroecológicas representam uma resposta importante aos desafios enfrentados no cenário agrícola atual. Essas abordagens não apenas contribuem para a sustentabilidade e a preservação cultural, mas também atendem às demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e responsáveis do ponto de vista ambiental e social.

Resumidamente, o livro "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas Vol. VII" ressalta a relevância de uma abordagem abrangente aos desafios ambientais e sociais presentes na agricultura e no desenvolvimento rural. Esse enfoque prioriza a sustentabilidade, a preservação dos recursos naturais e a participação ativa de múltiplos intervenientes na busca por soluções inovadoras.

Professor Maurício Novaes Souza



[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)