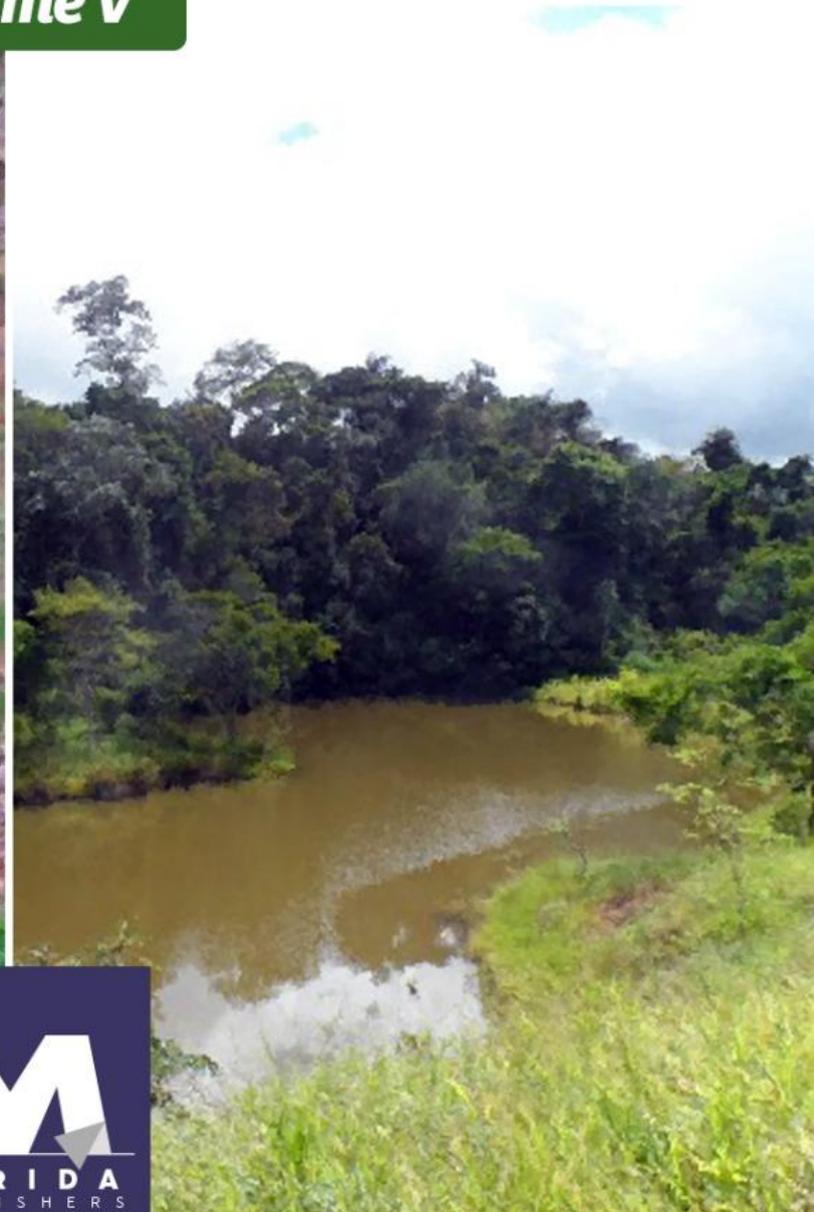
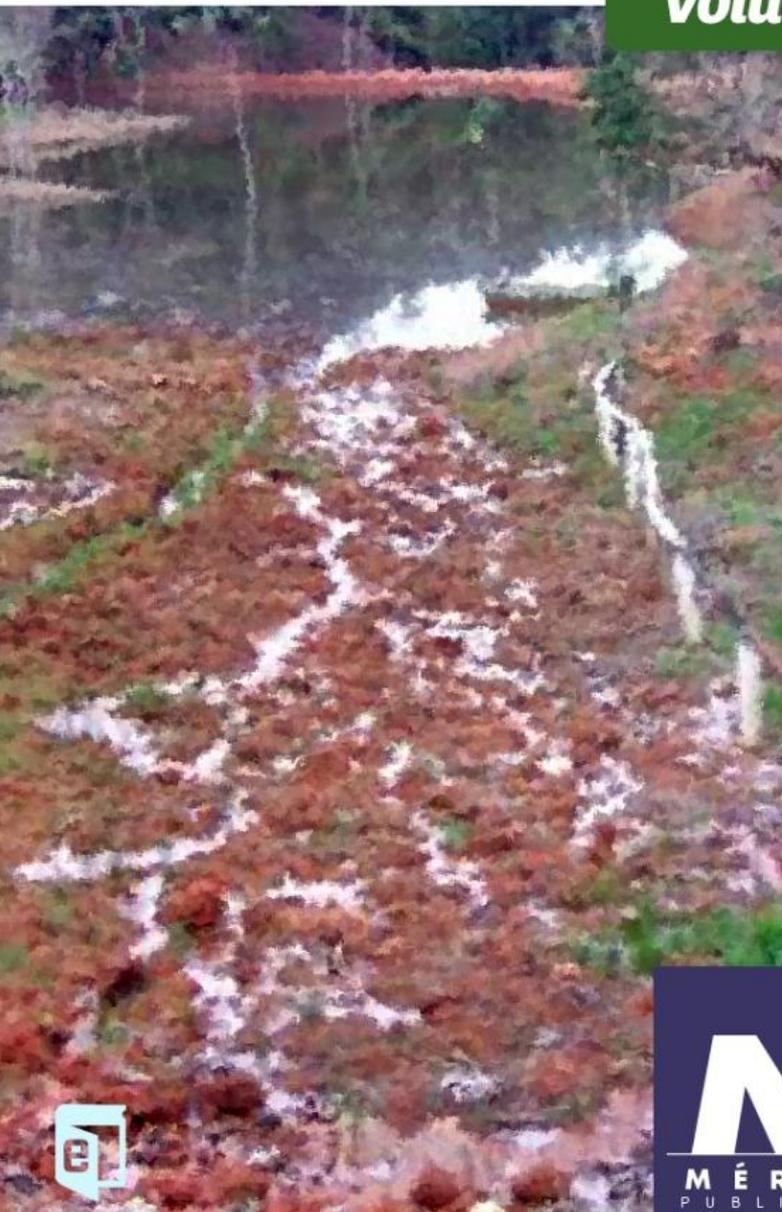


ORGANIZADOR:
Maurício Novaes Souza

Tópicos em recuperação de Áreas Degradadas

Volume V



ORGANIZADOR:
Maurício Novaes Souza

Tópicos em recuperação de

Áreas Degradadas

Volume V

Recuperação de áreas degradadas:
Conceitos, procedimentos e estudos de caso

Canoas
2023



ESTUDOS DE CASO:

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

Tópicos em recuperação de áreas degradadas

Volume V

© 2023 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>

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



Canoas - RS - Brasil

contact@meridapublishers.com

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 V / 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 978-65-84548-12-1

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

Ao fazer a dedicatória do livro Tópico de Recuperação de Áreas Degradadas Volume IV, no ano de 2022, afirmei: tudo que deveria ter sido aprendido ao longo dos séculos se percebe exatamente o contrário - naquele momento brasileiro a agressão ao meio ambiente nunca fora tão intensa!

Disse também, que no modelo capitalista neoliberal, a natureza e as leis ambientais para alguns grupos de interesses escusos, representam um empecilho retrógrado ao desenvolvimento! No entanto, ambientalistas e agroecólogos têm a visão de Friedrich Nietzsche: eu quero a volta à natureza, onde possamos construir um mundo melhor a partir de pessoas melhores, estruturas sociais mais justas e comprometidas com os valores humanos acima dos valores econômicos.

Agora, em 2023, nesses novos tempos, **DEDICO** esse livro às pessoas que estão contribuindo para a construção de um mundo melhor:

Minha netinha Maria Flor

Meus netos Antônio Lucas e Theo

Meus filhos Clarissa, Rodrigo e Gabriela

Minha norinha Jamile e ao meu genro Túlio

Claro - a grande parceira de toda a minha vida: Angélica!

Com todo o meu carinho e amor, lembrem-se:

Estejam onde estiverem, amo muito vocês!!!

Prefácio

Esse livro é o quinto da série “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas”. O interesse por essas publicações se dá a partir das informações obtidas nas pesquisas quando escrevia a minha dissertação de mestrado (Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UVF, 2002/2004): “Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável”.

A partir desse período, a atenção e os questionamentos foram redobrados ao comportamento do *Homo sapiens* no desenvolvimento de suas atividades, não conseguindo compreender uma parte imensa das suas (nossas) atitudes. As dúvidas são inúmeras e crescentes; contudo, concentro em apenas duas: com tanto conhecimento existente nos dias atuais, por que o homem continua a causar tamanha degradação socioambiental? Por que persiste a injustiça social que é causadora de tantos males e externalidades negativas?

A resposta para tais indagações é muito complexa. Faz-se fundamental conhecer os tempos remotos de nossa espécie: como ela deixou de ser um animal comum, com impacto insignificante no planeta, para se tornar “dono do mundo”, capaz de destruí-lo por simples ambição ou capricho? A busca para essas respostas é constante: busco maiores informações, constantemente, sobre o tema. Venho me aprofundando nas pesquisas nessa área de conhecimento: esse é um dos propósitos desse quinto volume da série de livros “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas”.

O fato é que o nosso planeta vem sofrendo distúrbios e transformações que remontam no tempo. Contudo, há de se refletir que até recentemente, o meio ambiente era capaz de desempenhar sua função depuradora com eficiência. Entretanto, nos dias atuais, com o aumento excessivo da população que se concentra em grandes cidades, vivendo em um modelo de desenvolvimento consumista e sem condições adequadas de saneamento, por exemplo, encontra-se sobrecarregado pelas atividades antrópicas.

Desconsideram-se no exercício de suas (nossas) atividades os “limites do crescimento”: dados os níveis de poluição que provocam o aumento da entropia dos ecossistemas, sofre o risco de exaustão dos seus recursos, em face da redução de sua resistência e resiliência, não conseguindo em determinadas

situações recuperar-se sem o auxílio do homem. Assim, fazem-se necessários a utilização dos mecanismos de retroalimentação compensatória; ou seja, a adoção de procedimentos de recuperação de áreas degradadas (RAD) para que seja restabelecido um novo equilíbrio no agroecossistema.

Parcialmente tal condição pode ser explicada pelo crescimento populacional sem precedentes e pelos modelos de desenvolvimento agropecuário e urbano-industriais praticados após a “Revolução Industrial” e “Revolução Verde”, com agravantes nas últimas décadas: foram produzidos uma série de aspectos, impactos e externalidades ambientais negativos, gerando inúmeras áreas degradadas.

Nesse sentido, John Green¹ escreve sobre o colapso do Planeta Terra na Era do Antropoceno. Argumenta: caso venha a sexta extinção, o planeta vai reagir, mas não haverá nenhum sobrevivente! O texto e a entrevista com Green é de André Caramuru Aubert, do Estadão: publicado em 09 de fevereiro de 2023.

Está disponível em:

<https://www.estadao.com.br/amp/alias/john-green-escreve-sobre-o-colapso-do-plane-ta-terra-na-era-do-antropoceno/>

Publicado, aqui, com mínimas alterações: algumas correções no texto e adaptações técnicas, sem mudança de contexto. Também, apresenta correções na formalidade original da escrita!

A Terra tem cerca de 4,5 bilhões de anos; o *Homo sapiens*, aproximadamente 250 mil. Caso se use um ano como escala, com a Terra surgindo em 1 de janeiro, os seres multicelulares teriam surgido no final de agosto, os dinossauros em 13 de dezembro, e o ser humano, doze minutos antes da meia-noite do dia 31. Neste cenário, os *Homo sapiens* são insignificantes.

Entretanto, as alterações por eles provocadas na Terra, nos oceanos e na atmosfera do planeta, nesse breve período de nossa existência, são de tal magnitude, que se acaba por dar nome a uma época geológica: o Antropoceno - conceito criado pelo Prêmio Nobel de Química, Paul Crutzen, no ano 2000: quando exatamente essa época começou, porém, é um debate ainda em aberto.

¹ É um *vlogger* (produtor de conteúdo para *web*), empresário, produtor e autor norte-americano de livros para jovens.

Há quem diga que o Antropoceno teve início com a Revolução Industrial, no fim do século XVIII (quando o homem passou, de fato, a mudar o clima do planeta); ou com a explosão da primeira bomba atômica (que simboliza a capacidade humana de alterar radicalmente a geologia e a vida na Terra); ou ainda, a definição que mais atrai o autor do presente artigo – com a Revolução Agrícola do Neolítico, há cerca de doze mil anos, quando os seres humanos começaram a desmatar, plantar, domesticar e causar extinções em larga escala.

Extinções em massa não são acontecimentos do passado: segundo levantamento da revista *National Geographic*, apenas nas duas primeiras décadas do Século XXI, as ações humanas eliminaram de forma definitiva mais de 580 espécies. Além de “extinções”, o Antropoceno representa aumento populacional com perda de diversidade.

Enquanto muitas espécies eram reduzidas ou desapareciam, outras, além dos *H. sapiens*, prosperavam: não só por conveniência (vacas, porcos, galinhas...), mas por oportunismo (ratos, pombos, baratas...). Estima-se que, atualmente, se colocado em uma balança, o peso total da população humana, somada à dos animais que se criam em cativeiro, é quase doze vezes maior do que o peso de todos os animais selvagens somados, incluindo as baleias.

Se os malfeitos das ações antrópicas são imperdoáveis (afinal, cada extinção é irreversível), é óbvio que com o uso do que se criam de bom, como a razão, a ciência e a ética, pode-se melhorar as perspectivas do futuro: dos *H. sapiens* e dos demais habitantes do planeta. O livro mais recente da ensaísta Elizabeth Kolbert, “Sob um Céu Branco: a Natureza no Futuro”, traz alguns bons exemplos. Em um deles, engenheiros trabalham arduamente para evitar que o sul do Estado da Louisiana e a sua principal cidade New Orleans, desapareçam sob as águas do delta do Mississippi (a cada hora e meia a Louisiana perde o equivalente a um campo de futebol). Não é uma tarefa simples: mesmo a um custo de bilhões de dólares, parece que estão conseguindo.

Em outro caso, cientistas tentam salvar, até agora também com sucesso, o peixinho mais raro do mundo (população total de menos de duas centenas), habitante de uma piscina natural numa caverna no Vale da Morte, no deserto de Nevada, fortemente afetado - de um lado, por dezenas de testes nucleares nas redondezas; de outro, por empreendimentos imobiliários que usam a água do mesmo aquífero da piscina dos peixinhos (que começou a secar).

Não deixa de ser curioso o tom relativamente otimista de Kolbert neste livro, uma vez que ela ganhou um *Pulitzer*, em 2015, com um trabalho muito mais sombrio, “A Sexta Extinção: uma História não Natural”, em que lista as cinco grandes extinções do passado (a dos dinossauros, há 65 milhões de anos, provocada pelo famoso asteroide, foi a mais recente), e explica a forte probabilidade de se estarem prestes a enfrentar a sexta: seríamos ao mesmo tempo o asteroide e o dinossauro.

Em Antropoceno: Notas sobre a Vida na Terra, John Green argumenta que, se vier a ocorrer a sexta extinção, o planeta ficará muito bem. A vida sobreviveu às cinco anteriores, e haverá de sobreviver; contudo, sem os seres humanos, à próxima. Ele imagina as matas refeitas e animais sossegados, por entre as ruínas do que um dia foram as nossas casas. Mas, admirador das coisas boas criadas pelo *Homo sapiens*, Green não se mostra feliz com a possibilidade: em uma ruína qualquer, haverá um LP de Billie Holiday e um toca-discos empoeirado, mas ninguém para ouvi-lo e apreciá-lo.

Enquanto o tópico eram extinções distantes, como a do pássaro Dodô ou do Arau-gigante, havia lamentos, mas não urgência. Ultimamente, porém, com as tragédias climáticas que se avizinha, o que parecia um conceito acadêmico ganhou emergência. Não que desastres ecológicos de grandes proporções sejam uma novidade: basta olhar para o outrora fértil e hoje desértico Iraque, que um dia abrigou as primeiras grandes civilizações urbanas, uma das que inventaram a escrita (cuneiforme), que escreveram o primeiro código legal (*Hamurabi*), o primeiro grande poema (*Gilgamesh*), e berço das religiões que dominam o mundo até hoje (Abraão) e onde, não por acaso, surgiu o mito do Dilúvio. Naqueles tempos, as pessoas não sabiam que a maneira como lidavam com o meio ambiente estava incorreta - sempre havia algum lugar para onde emigrar.

Milênios de destruições acumulados, porém, fizeram com que as consequências ganhassem dimensões globais. Hoje, nem uma única pessoa, rica ou pobre, em qualquer lugar do planeta, está livre do risco de vir a perder as posses ou a vida, com ondas de muito calor ou muito frio, de muita água, muito fogo, muito barro, muito vento ou muita seca. Por outro lado, agora se identificam as causas do problema e se conhecem, se não todas, pelo menos parte das soluções.

Muito se fala em energias limpas, fim do desmatamento e crescimento sustentável. Ligando todos esses fatos, há uma questão nem sempre devidamente valorizada, mas fundamental: nossa dieta alimentar. Quase tudo, na história da humanidade, passa por selecionar, obter, armazenar e preparar os alimentos. A maior parte das celebrações humanas, como o Natal, dá-se em volta de mesas, pratos e copos. Não se devem esquecer: o outro nome do Neolítico é “Revolução Agrícola”.

Foi a capacidade de produzir cada vez mais alimentos, em menos espaço, que permitiu a vida urbana, a especialização profissional e a explosão populacional. Tudo isso faz parte do modelo que, para o bem ou para o mal, nos trouxe para onde se estão. Um dos traços típicos da Revolução Agrícola é a monocultura: seja de soja, milho ou trigo. Usar uma grande área para plantar uma única cultura produz desequilíbrio ecológico - mais sério quando se sabem que a maior parte é usada para fazer ração para os animais que serão consumidos pelos *sapiens*.

O que se podem fazer para melhorar a sustentabilidade de nossa alimentação? A resposta rápida dirá que se precisam virar “veganos”: o veganismo para nos alimentar usa muito menos recursos naturais, fora o benefício de evitar o sofrimento animal. Contudo, nem todos aceitam: vale citar o livro *The Anthropocene Cookbook – Recipes and Opportunities for Future Catastrophes (A Culinária do Antropoceno – Receitas e Oportunidades para Futuras Catástrofes)*, de Zane Cerpina e Stahl Stenslie, editado pela MIT Press em 2022.

O título é enganoso, pois não se trata, a rigor, de um livro de culinária, mas de reflexões e provocações a respeito de possíveis cenários e de alternativas diante de um futuro potencialmente catastrófico. Já no prefácio, os autores lembram que nos mais de 90 mil livros de culinária que eles conseguiram computar, estavam receitas que por conta dos ingredientes e dos modos de preparo, seriam parcialmente responsáveis pela atual crise climática.

É provável que não se precisem comer em menor quantidade, mas com certeza, de forma diferente. Uma ideia seria produzir modificações genéticas em alguns alimentos, ou na nossa própria espécie, para que se consigam digerir grama e capim (como os ruminantes), além de papel e madeira (como os cupins). Lixo orgânico reprocessado é uma alternativa que tem sido considerada: afinal

de contas, o planeta joga fora pelo menos 1,3 bilhão de toneladas de comida todos os anos (há quem diga que seja o dobro disso; são as sobras dos pratos, os alimentos que estragam na geladeira, os produtos com validade vencida, entre outros, e não se está referindo à tragédia brasileira de pessoas revirando o lixo).

Outra possibilidade será se passarem a ingerir alimentos com os quais nossos antepassados se emporcalhavam, mas que se deixaram de lado, como larvas, baratas, escorpiões e formigas. Içás ou saúvas eram bastante apreciadas pelos tupis e pelos colonizadores portugueses, até pelo menos o começo do Século XIX – é possível que voltem ao cardápio.

Talvez não se saiba, mas já se come cochonilha: esmagada, serve para dar a cor vermelha a sorvetes e biscoitos de “morango”. Também, 75 fragmentos de insetos por 50 gramas legalmente aceitos na farinha de trigo das pizzas. O plástico, embutido em peixes, moluscos e crustáceos, já faz parte de nossa dieta, mas quem sabe possa ser mais bem aproveitado: ele é ingerido por algumas bactérias, que por sua vez nutrem plantas aquáticas que, por sua vez, poderiam ser consumidas pelos *sapiens*. As possibilidades são infinitas: é provável que não se escapem de pelo menos algumas delas, mesmo as mais repulsivas.

Vivem-se no Antropoceno e já se agrediram o planeta além dos limites. Se quiser evitar a sexta extinção, só nos resta encarar mudanças e adaptações. O correto é que o mundo do futuro será muito diferente daquele em que nascemos e crescemos: pode ser que ele venha a ser muito ruim ou, se tomarem as medidas adequadas, possa ser viável. Contudo, se entre secas e inundações, não se queiram experimentar um hambúrguer vegano, devem-se começar a pensar em larvas, formigas e baratas para o churrasco de domingo, pois aquela sua tão amada picanha está com os dias contados.

Ou seja, a situação descrita no artigo é muito complexa; mas há possibilidade de se apoiarem em um futuro melhor? Onde residem os principais problemas contemporâneos? O modelo desenvolvimentista praticado nos dias atuais estimula o imediatismo nas fases de elaboração e implantação dos diversos empreendimentos em suas múltiplas atividades, com displicência, ou mesmo ausência de planejamento ambiental, não considerando, por exemplo, as questões relativas à predição e às relações sistêmicas que os envolvem.

Mediante a todos os fatores ocasionados, o ser humano também teve seu preço a pagar, visto que “estamos acostumados a procurar os efeitos flagrantes e imediatos e ignorar tudo mais”, cita Carson em seu livro, remetendo-se ao fato de que o ser humano ignora a existência do risco, desde que este não tenha sinais imediatos. Assim, priorizando os ilimitados desejos humanos, eliminam-se as diversas espécies consideradas pragas; contudo, diversas outras são também eliminadas.

Para reverter os estragos causados, que surge em meio ao caos que encontrava a natureza, a autora cita alternativas opostas aos produtos químicos, como o controle de insetos potencialmente danosos às lavouras por meio do controle biológico, ou por meio da soltura de machos estéreis, diminuindo as populações gradativamente. Outra forma seria por meio de bactérias que interajam diretamente com as chamadas pragas, ocasionando o adoecimento e morte dos insetos.

Assim, pode-se afirmar que a ideia de se buscar um novo modelo de produção revela, inicialmente, a crescente insatisfação com a situação criada e imposta pelos atuais modelos vigentes de desenvolvimento e de produção advindos desse modelo produtivista evidenciado, em todo o mundo, pelos empreendimentos e atividades antrópicas. Na elaboração da Agenda 21 Brasileira, foi considerada fundamental que se promovam alterações nos modos de produção, necessitando, para isso, de uma definição nas políticas públicas que considerem o planejamento de médio e longo prazo.

Outra importante medida foi lançada pela Organização das Nações Unidas: propôs 17 Objetivos e 169 Metas para todas as nações do mundo visando um desenvolvimento sustentável. A Agenda 2030 da ONU é o documento que apresenta como a organização determina que deverá ser feito. Apesar de algumas questões controversas do documento, ele vem se tornando política ao redor do mundo - inclusive já vem sendo executada parcialmente no Brasil.

A proposta dessa série de livros é a de sugerir procedimentos de recuperação ambiental, bem como modelos alternativos de produção e manejo. Por intermédio de análises sistêmicas dos recursos naturais, poderão ser determinadas as principais variáveis e suas inter-relações, que poderão ser empregados para identificar as soluções mais adequadas aos requerimentos de

conservação do solo e da água, relativas ao Desenvolvimento Sustentável Local, aos aspectos socioambientais e às necessidades ecológicas, socioeconômicas e políticas de uma dada região.

Existem várias ferramentas nos dias atuais! Novas técnicas de “Estudo de Impactos Ambientais” e os avanços tecnológicos nos materiais e nos procedimentos de “Recuperação de Áreas Degradadas” são ferramentas de auxílio à definição de políticas públicas de planejamento e previsão para estimar futuras demandas para a abertura de novas áreas de produção, ou a opção de não implantá-las, sugerindo opções alternativas e, ou, locais: produtores urbanos e rurais poderão entender como que os diversos cenários atuais e futuros afetarão o desempenho de suas atividades.

As transformações dessas alternativas que se encontram à nossa disposição em realidade deixaram de ser um problema conceitual ou técnico: é uma questão de iniciativa política. É preciso que sejam estabelecidos modelos de desenvolvimento baseados nessas novas ideias, como aquelas da Agroecologia e suas práticas conservacionistas de produção, que ofereçam a base ideal para o uso dessas tecnologias, sistemas econômicos e instituições sociais com vistas para o futuro.

Desejo imensamente que esse quinto livro com essa referida proposta, trabalhado em parceria com colegas de trabalho, meus alunos e orientados do Programa de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre (PPGA), abra caminho para outros volumes e que, de fato, contribuam efetivamente para que se atinja a tão sonhada sustentabilidade socioambiental. Na EPÍGRAFE, compartilho um poema da aluna de Mestrado Julia Falqueto Ambrosim, demonstrando o que aconteceu nos anos do governo anterior.

Professor Maurício Novaes Souza
Guarapari, abril de 2023.

EPIGRAFE

½ Ambiente

Florestas pegando fogo
Nas cinzas as plantas sumindo
Tudo para aumentar o dinheiro e o ego
E, com isso, a vida vai se esvaindo

Notícias de cinco minutos de fama
Tronco de árvores virando pó
Animais se contorcendo nas chamas
Agonizando por pessoas sem dó

Nada mais parece incomodar
O ar escuro, a água imprópria, o solo improdutivo
Deveríamos a vida saudar
Mas só se saúda o poder aquisitivo

A hemorragia de lama nos rios
Tirando a luz e o oxigênio dos seres
Rios cheios, mas de água potável estão vazios
Empresas defendendo seus direitos, mas fugindo de seus deveres

A situação é ridícula e repugnante
O governo censurando a gente
O descaso com o meio ambiente
E a ignorância em forma de presidente

Julia Falqueto Ambrosim.

Apresentação

O presente documento dá continuidade aos livros e cadernos de aulas que venho produzindo desde o início da minha carreira acadêmica. Tenho preparadas dezenas de apostilas das disciplinas que lecionei e colaborei ao longo dessa trajetória. Atualmente, instruindo para os Cursos de Tecnologia em Cafeicultura e Pós-graduação em Agroecologia e Sustentabilidade (*Lato Sensu* e *Stricto Sensu*) do Ifes campus de Alegre, tornou-se possível a realização do antigo desejo de publicar livros em parceria com meus colegas de trabalho, alunos e orientados.

O **Volume I** dos “Tópicos de Recuperação de Áreas Degradadas” foi muito bem aceito e atendeu as nossas propostas e expectativas. Os trabalhos produzidos nas disciplinas, enfim, ganharam visibilidade, estabelecendo-se essa parceria com os acadêmicos e aumentando as publicações para o nosso programa: exigência básica dos órgãos de fomento e financiamento de pesquisas.

Os três primeiros capítulos do referido trabalho fazem parte do livro Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que está em fase de elaboração e deverá ser publicado futuramente. A sua primeira versão é a extensão de uma apostila elaborada em decorrência da parca literatura existente à época e que visava estudar os métodos e técnicas disponíveis na literatura sobre o referido tema: nos dias atuais, 20 anos depois, não há como se trabalhar em projetos de Recuperação de Áreas Degradadas antes de se realizar os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e seu relativo Relatório de Impactos Ambientais (RIMA).

O texto 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 objetivo do Volume I: reunir informações necessárias ao desenvolvimento de conceitos de planejamento visando à “Recuperação de Áreas Degradadas” – RAD, e a condução das atividades produtivas de forma sustentável com o uso de práticas agroecológicas conservacionistas.

O texto foi composto por dez (10) capítulos, abordando 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 objetivo dos Volumes I e II: reunir informações necessárias ao desenvolvimento de conceitos de planejamento visando à “Recuperação de Áreas Degradadas” – RAD, e a condução das atividades produtivas de forma sustentável com o uso de práticas agroecológicas conservacionistas.

Foi composto por dez (10) capítulos, que abordou 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** manteve o mesmo objetivo dos Volumes I, II e III: reunir informações necessárias ao desenvolvimento de conceitos de planejamento visando à “Recuperação de Áreas Degradadas” – RAD, e a condução das atividades produtivas de forma sustentável com o uso de práticas agroecológicas conservacionistas.

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

- ✓ 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/>

Nesse **Volume V** serão apresentados os seguintes capítulos:

Capítulo I - “A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA”, acontecem discussões relacionadas à conservação e, ou, preservação do meio ambiente, que tem sido intensificada nos anos recentes. O principal motivo considera a degradação provocada pelos seres humanos do ambiente devido ao consumo desenfreado e ao modelo de desenvolvimento econômico praticado. O exacerbado aumento da população nas cidades desencadeou uma série de problemas socioambientais, tais como fome, desemprego e violência. Nos dias atuais, a relação ser humano-meio ambiente, deve ser considerado uma questão preocupante e central. Os anos da década de 1970 figuram como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível mundial. No entanto, apenas em 1986, no Brasil, que uma resolução do CONAMA define o que é Impacto Ambiental. Esta resolução ainda regulamentou as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental - AIA. A Lei Federal 6.938/81 estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, que por sua vez instituiu a AIA como um de seus importantes instrumentos, a cargo das entidades ambientais dos governos federal, estaduais e municipais.

No **Capítulo II**, “Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural”, mostra que é imperioso se refletir sobre a atual conjuntura de produção adotada pelos países em desenvolvimento no que tange aos meios de produção da agropecuária. Isso porque o avanço tecnológico, o crescimento desordenado da população e a grande demanda por alimentos intensificaram o consumo dos recursos naturais nas últimas décadas, em especial da água e do solo por meio da agricultura convencional. Conhecer e utilizar ferramentas que possam melhorar os processos produtivos e reduzir os efeitos das atividades agropecuárias é fundamental para o sucesso e longevidade de qualquer atividade, independentemente dos inúmeros desafios que devem ser superados no mercado competitivo atual.

O **Capítulo III**, “Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas”, afirma que a história aponta que existe uma correlação

negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana, principalmente quando associada aos processos de degradação ambiental, à sua qualidade de vida. O Brasil possui uma legislação ambiental moderna: iguala-se aos países desenvolvidos que têm preocupação ambiental. Por outro lado, este fato em si não garante efetivamente a aplicabilidade das leis e a qualidade da conservação e preservação dos recursos naturais no País: haja vista o que esteve em andamento no governo do período de 2019 a 2022, onde os órgãos ambientais estiveram em processo de enfraquecimento e desmantelamento continuado. Contudo, mostra que é possível produzir em quantidade e qualidade, promovendo a prática, quebrando paradigmas, fortalecendo e tornando conhecida a ciência que fará nosso planeta um lugar que respeita todo tipo de vida.

No **Capítulo IV**, “Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia”, apresenta a Educação Ambiental (EA) sob a visão interdisciplinar no cenário educativo, bem como a sua contribuição para a sensibilização do ser humano como integrante do sistema ecológico, promove qualidade no desenvolvimento das práticas e metodologias aplicadas, oferecendo um ensino de qualidade em benefício ao meio ambiente. Discute um projeto desenvolvido no terceiro ano do ensino médio da “Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Pedro Simão”, no município de Alegre, ES. O seu objetivo foi sensibilizar os alunos por intermédio de práticas sustentáveis e agroecológicas quanto às questões ambientais e a relação do ser humano com o meio ambiente. A prática escolhida foi a da compostagem, muito indicada para produtores agroecológicos do modelo de produção familiar.

O **Capítulo V**, “Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica”, discorre sobre o processo de erosão: pode acontecer de forma natural ou ser resultado de ações antrópicas, tais como o desmatamento, a retirada da cobertura vegetal da área, gerando assim, processos erosivos acelerados que provocam o desequilíbrio dos ecossistemas. A degradação dos solos brasileiros em curto, médio e longo prazo apresenta prejuízos à sociedade nos âmbitos ambientais e financeiros. As voçorocas são avançadas etapas do processo de erosão, que

acarretam em assoreamento e contaminação dos cursos d'água. Diante desse cenário, técnicas quando aplicadas de forma integrada podem conter o processo degradativo e auxiliar nos procedimentos de recuperação.

O **Capítulo VI**, “Controle biológico na soja no sul do Maranhão”, apresenta a cadeia produtiva da soja e a importância de destaque que assumiu no cenário agrícola brasileiro. Contudo, o ataque de pragas vem acarretando aumento crescente de aplicações de defensivos agrícolas, principalmente de inseticidas e, conseqüentemente, aumento do custo de produção da soja. No estado do Maranhão o manejo integrado de pragas (MIP) é pouco empregado, bem como o uso de produtos biológicos. O objetivo do presente estudo foi verificar o custo do controle de pragas em duas áreas: uma com o MIP usando inseticidas biológicos; e outra com controle químico, aqui chamado de sistema convencional (SC), em uma fazenda no município de Carolina, no sul do estado do Maranhão. Considerando os benefícios, a redução dos impactos e das externalidades ambientais, o aumento da segurança alimentar e a menor exposição dos trabalhadores rurais às substâncias tóxicas, o controle biológico aplicado poderá se tornar uma prática rotineira no meio rural maranhense, contribuindo para uma agricultura mais sustentável.

O **Capítulo VII**, “Resíduos agrícolas da pecuária leiteira”, aponta que qualquer atividade antrópica é capaz de produzir impactos ambientais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema. Sabe-se que existe uma relação direta entre qualidade ambiental, manutenção dos serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos. A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e dos recursos naturais em paisagens do entorno. O presente capítulo apresenta formas adequadas de disposição de resíduos e um Estudo de Caso no município de Atilio Vivacqua, ES, onde a prefeitura municipal desenvolve um programa de aproveitamento de resíduos bovinos para adubação de capineiras, canaviais e recuperação de áreas degradadas.

O **Capítulo VIII**, “Métodos agroecológicos alternativos para o controle de formigas cortadeiras”, identifica as formigas do gênero *Atta* spp., as saúvas, e as do gênero *Acromyrmex* spp., as quenquéns, como são as principais causadoras de danos econômicos nas diversas culturas de interesse econômico. Para o controle das formigas cortadeiras, tem-se usado inseticida sintético (tóxico): seus resíduos têm causado problemas de saúde aos seres vivos e processos e impactos ao meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo identificar alternativas para o seu controle, reduzindo os impactos ambientais negativos e as suas externalidades. Vários métodos foram identificados com resultados comprovados e outros com boas perspectivas de controle efetivo, com importantes características: praticamente não tóxicos, baixa ou nenhuma agressividade ao homem e à natureza, eficientes no combate e repelente às formigas cortadeiras.

No **Capítulo IX**, “Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil”, discute-se a importância do planejamento nos dias atuais. Nas atividades agropecuárias, devem-se levar em conta o atendimento as legislações vigentes, bem como a experiência do agricultor, a disponibilidade de recursos financeiros e a adoção de práticas conservacionistas. Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho simular a implantação de práticas conservacionistas e área de preservação permanente (APP) em pequena propriedade rural. A elaboração do planejamento no uso da terra aumenta a área de cultivo, vislumbra a adoção de práticas conservacionistas que mantêm a conservação do solo e da água, bem como delimita as APPs em atendimento à legislação.

O **Capítulo X**, “Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES”, aposta que a intensificação no uso dos recursos naturais tem causado modificações na dinâmica do solo. As atividades pecuárias têm grande importância na economia nacional, gerando emprego e renda substanciais; no entanto, ocupam extensas áreas e, em grande parte, degradadas e, ou, em processo de degradação. A recuperação de pastagens degradadas impede a abertura de novas áreas, aumenta o sequestro de carbono, reduzindo a emissão de gases

de efeito estufa (GEE). Nos dias atuais, além da lógica ambiental, as propriedades rurais necessitam ser sustentáveis do ponto de vista econômico e social. O presente trabalho traz informações quanto às principais causas da degradação de pastagens e técnicas de recuperação da fertilidade do solo, bem como apresenta um Estudo de Caso acerca do município de Atílio Vivácqua, ES.

Nas **Considerações finais**, há críticas e sugestões, no sentido de converter essas novas ideias e conceitos em ação. Sugere-se a mudança do atual modelo de produção agropecuário e urbano-industrial, dada a visível insustentabilidade verificada até o presente momento: sugere a introdução do modelo de produção agroecológico.

Anseia-se, ao final da leitura dos referidos capítulos, que sejam satisfeitos alguns dos questionamentos sobre os modelos de produção atualmente praticados. Espera-se que surjam comentários que contribuam para o bom desenvolvimento e aplicabilidade do presente e dos próximos trabalhos.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, abril de 2023.

Autores

Adilar Viana

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Extensionista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER. Rua Rosa Penholato Belisário, n. 155. Centro. Conceição do Castelo, ES. E-mail: adilarviana@hotmail.com

Alex Justino Zacarias

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: alexjustino12@gmail.com

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

Amanda Evaristo Lacerda

Tecnóloga em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Estrada Parque – Forquilha do Rio. Cafeteria Onofre. Dores do Rio Preto. CEP: 29.580-000. E-mail: amandaevvaristo2014@gmail.com

Ana Lídia Chaves Gomes

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

Beatriz de Moura Francischetto

Pós-graduanda 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. Cachoeiro de Itapemirim - Burarama, CEP: 29.327-000. E-mail: beatrizfrancischetto8@gmail.com

David Brunelli Viçosi

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: davidbrunellivicosi@gmail.com

Eliseo Salvatierra Gimenes

Professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha campus São Vicente do Sul, Rio Grande do Sul. E-mail: eliseo.gimenes@iffarroupilha.edu.br

Emily de Matos Barbosa

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

Erasmio Vergineo

Graduado em Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo do Campus de Alegre - Caixa postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: erasmoverginio33@gmail.com

Fernanda Pereira Soares Carias

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: fernanda.zootecnia@hotmail.com

Francielle Santana de Oliveira

Mestre em Ciências Florestais Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Jerônimo Monteiro, CEP: 29.550-000, Jerônimo Monteiro, ES e Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. E-mail: francy-santana@hotmail.com.

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

Gleidiene dos Santos Bento,

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

Gracieli Lorenzoni Maroto

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: gracielim18@gmail.com

Guilherme Andrião Trugilho

Mestrando 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.

Iesa Brasil da Silva

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: iesabrasil09@gmail.com

Igor Borges Peron

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: igor.borgesperon@gmail.com.

Ítalo Fonseca Werner

Graduado em Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo do Campus de Alegre - Caixa postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: italo2017fonseca@outlook.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 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

José Carlos Venâncio da Páschoa

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

Kaick Milanez Borges

Graduado em Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo do Campus de Alegre - Caixa postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: <https://www.facebook.com/kaick.borges>.

Kimberly Pinheiro de Oliveira

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: kimberlly4002@gmail.com.

Loruama Geovanna Guedes Vardiero

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: loruamaggvardiero@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

Márcio Menegussi Menon

Secretário Municipal de Meio Ambiente de Atilio Vivácqua, ES. Técnico em Agropecuária pelo Ifes do Campus de Alegre. Secretaria de Meio Ambiente de Atilio Vivácqua, ES. E-mail: marcio-menon@bol.com.br

Marcus Vinícius Campos Gall

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

Maria Amélia Bonfante da Silva

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: amelbsilva@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

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

Mayra da Silva Polastrelli Lima

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

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

Otacílio José Passos Rangel

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: otaciliorangel@gmail.com

Otávio Pereira Araujo

Mestre 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: araujo.otavio1994@gmail.com

Pamela Pedroti Spala Oliveira

Avenida Marechal Floriano, Centro, nº 114. Guaçuí, ES. CEP: 29560000. E-mail: pamelaspala@outlook.com

Pedro Pierro Mendonça

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: ppierrom@gmail.com

Priscila de Oliveira Nascimento

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: prinascim@gmail.com

Selma Regina de Freitas Coelho

Mestre em Recursos Florestais pela Universidade Estadual do Maranhão e Pós-graduanda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre Rua das Flores, nº 602 – Cruzeiro do Anil. CEP: 65.060-170. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: selmafcoelho2@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

Thiago Blunck Resende Moreira

Mestre 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: tbrmoreira@hotmail.com

Tiago de Souza Alves

Graduado em Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo do Campus de Alegre - Caixa postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: tiagodesouzaalves160@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 31

A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA

Maurício Novaes Souza, Ronald Assis Fonseca

CAPÍTULO 2 80

Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural

Roney José Monteiro, Kimberly Pinheiro de Oliveira, Geisa Corrêa Louback, Aline Marchiori Crespo, Igor Borges Peron, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 3 115

Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas

Silvia Aline Bérghamo Xavier, Thiago Blunck Rezende Moreira, Natália Cassa, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback, Igor Borges Peron, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 4 149

Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia

Beatriz de Moura Francischetto, Carlyne Inocência Santana, Pamela Pedrotti Spala Oliveira, José Carlos Venâncio da Páschoa, Pedro Pierro Mendonça, Alex Justino Zacarias, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 5 187

Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica

Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Ana Lídia Chaves Gomes, Marcus Vinícius Campos Gall, Iesa Brasil da Silva, Marlon Alves Peçanha da Silva, Márcio Menegussi Menon, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 6 210

Controle biológico na soja no sul do Maranhão

Selma Regina de Freitas Coelho, Gracieli Lorenzoni Maroto, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 7 226

Resíduos agrícolas da pecuária leiteira

Fernanda Pereira Soares Faria, Pablo Pin Machado, André Luiz Buzato Pereira Azevedo, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Jéssica Delesposte Destefani, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 8 265

Métodos agroecológicos alternativos para o controle de formigas cortadeiras

Adilar Viana, Afranio Aguiar de Oliveira, Amanda Evaristo Lacerda, Eliseo Salvatierra Gimenes, Ítalo Fonseca Werner, Kaick Milanez Borges, Francielle Santana de Oliveira, Willian Moreira da Costa, Mauricio Novaes Souza

CAPÍTULO 9 302

Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil

Mayra da Silva Polastrelli Lima, Emily de Matos Barbosa, Erasmo Vergineo, Gleidiane dos Santos Bento, Tiago de Souza Alves, David Brunelli Viçosi, Jéferson Luiz Ferrari, Guilherme Andrião Trugilho, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 10 315

Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES

Priscila de Oliveira Nascimento, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Marlon Alves Peçanha da Silva, Márcio Menegussi Menon, Maria Amélia Bonfante da Silva, Otacílio José Passos Rangel, Renato Ribeiro Passos, Maurício Novaes Souza

CONSIDERAÇÕES FINAIS 337

CAPÍTULO 1

A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA

Maurício Novaes Souza, Ronald Assis Fonseca

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

Resumo

As discussões relacionadas à conservação e, ou, preservação do meio ambiente tem sido intensificada nos anos recentes. O principal motivo considera a degradação provocada pelos seres humanos do ambiente devido ao consumo desenfreado e ao modelo de desenvolvimento econômico praticado. O uso de fertilizantes e defensivos agrícolas estimulados pela “Revolução Verde” fez com que novas áreas pudessem ser cultivadas e obtivessem ganhos de produtividade; contudo, ocorreu a expansão da fronteira agrícola, com desflorestamento e aumento na área plantada. A ocorrência de pragas, devido à retirada da vegetação nativa intensificou o uso de agrotóxicos, contaminando nascentes, rios, lagos, lençol freático e o ar. Como agravante, o processo de urbanização: com o avanço no uso de máquinas e implementos agrícolas, aumentou-se a eficiência no trabalho, reduzindo a oferta laboral no campo e, concomitantemente à industrialização das cidades, culminou com um grande êxodo para os centros urbanos na busca de trabalho e melhor qualidade de vida. Assim, o exacerbado aumento da população nas cidades desencadeou uma série de problemas socioambientais, tais como fome, desemprego e violência. Nos dias atuais, a relação ser humano-meio ambiente, deve ser considerado uma questão preocupante e central. Nesse contexto, inicia-se nos anos da década de 1960, um movimento internacional que se contrapunha a essa situação. Por força de movimentos ambientalistas, em 1969, nos Estados Unidos, o Congresso americano editou a “National Environmental Policy Act” - NEPA, uma Lei de Política Ambiental onde surgiu a avaliação de impactos ambientais (AIA) - foi criada em face à necessidade de se adequar novos métodos de avaliação de projetos que considerassem, além dos custos e benefícios sociais, a proteção ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Os anos da década de 1970 figuram como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível mundial. No entanto, apenas em 1986, no Brasil, que uma resolução do CONAMA define o que é Impacto Ambiental. Esta resolução ainda regulamentou as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes para uso e implementação da AIA. A Lei Federal 6.938/81 estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, que por sua vez instituiu a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um de seus importantes instrumentos, a cargo das entidades ambientais dos governos federal, estaduais e municipais.

Palavras-chave: Degradação e Impacto ambiental. Predição e Planejamento. AIA. Sustentabilidade.

1. Introdução

A perpetuação dos casos de degradação persiste, principalmente, em face da priorização que o homem destina aos benefícios imediatos de suas ações, privilegiando os lucros e o crescimento econômico a custos elevados e relegando, como fosse uma questão secundária, a capacidade de recuperação dos ecossistemas (GODOI FILHO, 1992 *apud* SILVA, 1998).

No Brasil, os anos da década de 1970 são marcados pelo início da “Revolução Verde”. A importação de fertilizantes e defensivos agrícolas fez com que novas áreas pudessem ser cultivadas e obtivessem grande produtividade, fazendo com que a diferença na produção agropecuária entre os Estados fosse reduzida. Este fato caracterizou a expansão da fronteira agrícola, ocasionando um aumento na área plantada. Os maiores crescimentos em termos de novas áreas de produção ocorreram nas regiões Norte e Centro-oeste do país (MATIAS, 2020; SOUZA, 2021).

Em decorrência do pacote tecnológico que surgia com a Revolução Verde, a abertura de novas áreas passou a perder importância, já que os fertilizantes podiam suprir a falta de fertilidade dos solos. A ocorrência de pragas, que buscavam as lavouras para se alimentar, já que as matas haviam sido retiradas, eram combatidas com o uso de agrotóxicos, que por sua vez contaminavam nascentes, rios, lagos, lençol freático e o ar (ROSS, 2001; SOUZA, 2022).

De acordo com Veiga (2003), umas das consequências da Revolução Verde no Brasil se refletiram na urbanização das cidades. Com o avanço no uso de máquinas e implementos agrícolas, aumentou-se a eficiência no trabalho, o que reduziu a oferta laboral no campo e, concomitantemente à industrialização das cidades: culminou com elevado êxodo de pessoas do meio rural para os centros urbanos na busca de trabalho e melhor qualidade de vida. Assim, o exacerbado aumento da população nas cidades desencadeou uma série de problemas sociais, tais como a fome, o desemprego e a violência.

Para Coelho (2001), os impactos ambientais são temporais e espaciais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço. Para Bernardes e Ferreira (2003), dentro dos atuais modelos de produção que exploram as riquezas da Terra (seus recursos naturais), todos afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes

sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. Segundo Coelho (2001) e Souza (2021), para a melhor compreensão de impactos ambientais como processo, é necessário que seja compreendida a história sistêmica de sua produção, o modelo de desenvolvimento adotado e os padrões internos de diferenciação social.

2. Respostas da sociedade à deterioração do meio ambiente

A história aponta que existe uma correlação negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana, principalmente quando associada a processos de degradação ambiental, à sua qualidade de vida. Dessa forma, as questões macroeconômicas de distribuição de riqueza, recursos e tecnologia, devem caminhar como prioridade no plano das preocupações mundiais. Cabe considerar, entretanto, que as questões religiosas e éticas, bem como as disputas territoriais, devem ser valorizadas. Dessa forma, a relação ser humano *versus* meio ambiente, deve ser considerado uma questão preocupante e central. Observa-se, que algumas mudanças têm sido propostas, visando minimizar esses impactos negativos (LIMA e SILVA et al., 1999; PNUD, 2003).

Nesse contexto, em praticamente todas as partes do mundo, surgiu a preocupação de promover a mudança de comportamento do homem em relação à natureza, a fim de harmonizar interesses econômicos e conservacionistas, com reflexos positivos junto à qualidade de vida de todos (MILANO, 1990, *apud* SILVA, 1998). Inicia-se, nos anos da década de 1960, um movimento internacional que se contrapunha a essa situação, evidenciando um início de preocupação com as questões ambientais.

Por força de movimentos ambientalistas, em 1969, nos Estados Unidos, o Congresso americano editou a “National Environmental Policy Act” - NEPA, uma Lei de Política Ambiental aprovada em janeiro de 1970, onde surgiu a avaliação de impactos ambientais (AIA). Esta lei foi criada em face à necessidade de se adequar novos métodos de avaliação de projetos que considerassem, além dos custos e benefícios sociais, a proteção ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais (ANDREAZZI; MILWARD-DE-ANDRADE, 1990; SILVA, 1998).

Segundo Lima (1997), os anos da década de 1970, figuram como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível

mundial. Nesse período, a sociedade, as instituições e os governos, passam a defender a inclusão dos problemas ambientais na agenda do desenvolvimento das nações e das relações internacionais como um todo. Tais preocupações “refletem a percepção de um conflito crescente entre a expansão do modelo de crescimento econômico, de base industrial, e o volume de efeitos desagregadores sobre os ecossistemas naturais”. O conjunto de impactos ambientais, até então percebidos como resíduos inofensivos do progresso e da expansão capitalista, passa a assumir uma nova dimensão e a despertar atenção, interesse e novas leituras.

Como um marco determinante, pode-se citar a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente em 1972 (Estocolmo). Os últimos debates internacionais sobre o meio ambiente culminaram com a realização, em junho de 2012, no Rio de Janeiro, da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável - a “Rio + 20”. A tônica esteve focada na economia de baixo carbono, com pequena ou ausência de emissão de gases de efeito estufa; na economia verde, com foco no desenvolvimento sustentável e nos processos relacionados ao combate às mudanças climáticas, à erradicação da pobreza e das desigualdades sociais (PEREIRA et al., 2012).

Perseguir o desenvolvimento sustentável foi a linha basilar do documento súpula da Conferência Rio + 20 - O futuro que queremos. Dentre os temas discutidos na reunião, a ênfase do documento produzido pela conferência foi a promoção da sustentabilidade na produção e consumo. A proteção e ordenação da base dos recursos naturais e o desenvolvimento econômico e social são requisitos indispensáveis para o atingimento desta sustentabilidade. O documento ainda reafirma a grande necessidade de alcançar o desenvolvimento sustentável de forma equitativa e inclusiva oportunizando a redução de desigualdades (ONU, 2012; PEREIRA et al., 2012).

➤ **Cenário Atual**

O cenário atual em que a sociedade está inserida se caracteriza por uma gama de atividades antrópicas que causam impactos ambientais diversos e complexos. Vale ressaltar que, mesmo após décadas de notórias atividades lesivas ao meio ambiente, apenas em 1986, que uma resolução define o que é Impacto Ambiental, e dispõe que qualquer alteração de caráter física, química e

biológica do meio ambiente que afeta a saúde, o bem estar, a natureza e as atividades econômicas, é considerado impacto ambiental (CONAMA, 1986). Esta resolução ainda regulamentou as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes para uso e execução da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

Entretanto, de acordo com Pereira et al. (2012), esta resolução CONAMA não distingue se os impactos são positivos ou negativos. A avaliação do valor positivo ajustada às ações empreendedoras (fundamentais) para o desenvolvimento de regiões específicas, bem como de todo o País, é um fator primordial para a compreensão da dinâmica de licenciamento. Para a avaliação do valor negativo, a ordenação dos licenciamentos de empreendimentos potencialmente impactantes foi incluída no Brasil, como parte do sistema de licenciamento por meio da Lei Federal 6.938/81, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, que por sua vez instituiu a AIA como um de seus importantes instrumentos, a cargo das entidades ambientais dos governos federal, estaduais e municipais.

Para esses mesmos autores, a institucionalização da AIA como instrumento de gestão ambiental foi liderada por empresas, centros de pesquisas e universidades de países desenvolvidos, a partir da realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em 1972, em Estocolmo, Suécia. Nessa conferência foi recomendada aos países, como regra geral, a inclusão da AIA no processo de planejamento e decisão de planos, programas e projetos de desenvolvimento.

No Brasil este fato propiciou o surgimento de trabalhos sobre AIA e EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental), alterando positivamente as bases das políticas de desenvolvimento e intervenções econômicas, antes orientadas primordialmente por parâmetros econômico-financeiros. Cabe considerar que, como unidade básica para elaboração do EIA, utiliza-se a bacia hidrográfica que potencialmente poderá ser degradada com a implantação do projeto.

3. A compreensão e definição da AIA

Pereira et al. (2012) afirmam que na compreensão e definição da AIA, observam-se pequenas diferenças de texto entre autores: porém, todos se

convergem. Entretanto, para o entendimento de que a AIA, como instrumento da política ambiental, é formada por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar que se faça uma análise sistemática dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados adequadamente ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão.

Cabe considerar que o Brasil possui uma legislação ambiental moderna que se iguala às dos países desenvolvidos com tradição no cuidado com o meio ambiente. Por outro lado, este fato em si não garante diretamente à aplicabilidade das leis e a qualidade da conservação e preservação dos recursos naturais no País, que se possa qualificar de ambiente sadio e equilibrado. Haja vista o que esteve em andamento no governo anterior, de 2019 a 2022, onde os órgãos ambientais estiveram em processo de enfraquecimento e desmantelamento continuado.

Apesar disso, os empreendimentos novos e antigos se encontram, sistematicamente, submetidos ao licenciamento correspondente à fase em que se encontram. A sociedade espera que o aprimoramento do conjunto legal, juntamente com as condições de análise e execução da AIA, cujo processo está contemplado no Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), avancem na garantia do contínuo aparelhamento técnico e legal, essenciais para o futuro dos ambientes naturais, urbanos e sociais do território brasileiro: não se podem permitir retrocessos.

Nos países signatários das Nações Unidas, os problemas de degradação ambiental e suas consequências, têm sido objeto de discussões e regulamentações nos processos decisórios e nas discussões da alta cúpula, cuja tônica é a melhoria da qualidade ambiental. Pereira et al. (2012) asseguram que os fatores ambientais e sociais devem ser expressamente considerados no planejamento em geral e nos projetos específicos, pois os métodos tradicionais de crescimento e desenvolvimento, sem uma completa avaliação, ou com enfoque tão somente em critérios econômicos e técnicos, mostraram-se inadequados e insuficientes para auxiliar nas decisões políticas e econômicas.

Na visão de Veiga (2008), a ideia de crescimento econômico e distribuição de renda, apenas, não podem fundamentar o desenvolvimento em busca da sustentabilidade. É necessário considerar a finitude do planeta, implicando

assim, em serem observados os limites ao crescimento. A cultura de um povo e o respeito aos grupos minoritários, fazem-se importantes na evolução e no conceito das nações, em especial para as democracias ocidentais, tão fragilizadas nos dias atuais.

Foram com estas preocupações, que nos anos da década de 1980, a AIA, como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei 6.938/81 surgiu no Brasil. A exigência por meio de lei definiu a grande importância dada à proteção ao meio ambiente pelo governo brasileiro para gestão institucional de planos, programas e projetos, em nível federal, estadual e municipal. À sociedade e ao Estado cabe a responsabilidade de desenvolver as ações e as propostas para a definição de critérios para a instalação de empreendimentos com o menor impacto possível, levando em consideração as questões ambientais e socioeconômicas (FERREIRA, 2000).

O processo de institucionalização da AIA, como instrumento de gestão ambiental, foi liderado por empresas, centros de pesquisas e universidades de países desenvolvidos, a partir da realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em 1972, em Estocolmo, Suécia. Nessa conferência foi recomendada aos países, de modo geral, a inclusão da AIA no processo de planejamento e decisão de planos, programas e projetos de desenvolvimento. Isto propiciou o surgimento de uma ampla literatura especializada sobre AIA e EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental), alterando políticas de desenvolvimento e intervenções econômicas, antes orientadas por parâmetros exclusivamente econômico-financeiros (PEREIRA et al., 2012).

Assim, o uso da AIA se generalizou rapidamente nos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, como ocorreu no Brasil, a AIA começou a ser adotada por exigência das agências financiadoras internacionais (MOREIRA, 1995; DIAS, 2001; SOUZA, 2018), como forma de responder às pressões da comunidade científica mundial e dos cidadãos dos países desenvolvidos, que passaram a se sentir responsáveis pelos problemas ambientais resultantes de projetos multinacionais ou financiados por seus países. Servem como exemplo (PEREIRA et al., 2012): a Usina Hidrelétrica de Tucuruí que teve seu EIA/RIMA elaborado mesmo sem exigência legal por

Goodland (1978); e o terminal de exportação do minério de Carajás, em Ponta da Madeira, em São Luiz, Maranhão.

Na América Latina, vários países contam com a utilização formal da AIA: Colômbia, Venezuela, México, Argentina, Brasil, dentre outros. Observam-se dificuldades de ordem institucional e política, em todos esses países, pois o estágio de desenvolvimento do processo corresponde quase sempre, ao estágio de democratização e conscientização da sociedade. Vale destacar que os países membros do MERCOSUL possuem dispositivos legais suficientes para garantir uma efetiva conservação ambiental, especialmente a legislação brasileira que é a mais completa e moderna. No entanto, esses países ainda apresentam pendências de uma fiscalização eficaz, para que as normas sejam cumpridas (ROCHA et al., 2005).

4. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA

Os impactos ambientais sempre estiveram presentes na sociedade: para que seja possível compreender o seu contexto e abordagens, torna-se necessário traçar um percurso histórico para promover o debate pautado na evolução e no despertar da consciência ambiental. A Tabela 1 busca resumir estes movimentos que abarcam o surgimento da Avaliação de Impactos Ambientais e remonta eventos importantes para a tomada de consciência.

O livro *Primavera Silenciosa* é considerado um clássico da conscientização ecológica, sendo a primeira publicação sobre impacto ambiental. Pela primeira vez, sentiu-se a necessidade de regulamentação da produção industrial de modo a proteger o meio ambiente. Como resultado, o DDT passou a ser supervisionado pelo governo americano, até que foi finalmente banido (PEREIRA et al., 2012).

De acordo com esses mesmos autores, esses e outros fatos levaram os EUA a uma legislação ambiental que determinou os objetivos e princípios da legislação, ações e projetos de responsabilidade do governo federal, que afetassem significativamente a qualidade do meio ambiente, incluíssem a Avaliação de Impacto Ambiental, observando os seguintes aspectos: identificação dos impactos ambientais; efeitos ambientais negativos da proposta; alternativas de ação; relação entre a utilização dos recursos ambientais no curto prazo e a manutenção ou melhoria do padrão ambiental no longo prazo, e qual

o comprometimento do recurso ambiental para o caso de implantação da proposta.

Tabela 1. Percurso histórico dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA.

Ano	Evento/local	Descrição
1950	Eua	Organizações de grupos ambientalistas se organizaram a medida de aumentava a conscientização sobre degradação ambiental.
1962	Eua (Rachel Carson)	Publicação livro <i>Silent Spring</i> (Primavera Silenciosa) – advertia sobre os efeitos da contaminação pelo pesticida DDT.
1963	Clean Air Act	Controle legal da poluição atmosférica
1964	Wilderness Act	Proteção de áreas selvagens
1969	Santa Bárbara – Sul da Califórnia.	Clamor público após vazamento de petróleo que ocasionou impacto sobre a vida marinha.
1969	Criação do EIA (Estudo de Impacto Ambiental).	Por meio do NEPA (<i>National Environmental Policy Act Of 1969</i>), vigorando a partir de 1970. o documento gerado foi denominado de EIS (<i>Environmental Impact Statement</i>), cuja tônica era criar e conservar as condições em que o homem pudesse viver em harmonia com a natureza.
1972	O Clube de Roma	Publicou o documento “Os limites do Crescimento”, comissionado por um grupo de cientistas do Massachusetts Institute of Technology (MIT) sob a chefia de Dana Meadows, por meio de modelos matemáticos, o MIT concluiu que o planeta terra era incapaz de suportar o crescimento populacional devido à pressão sobre os recursos naturais e energéticos e ao aumento da poluição.
1972	Conferência Mundial sobre o homem e o meio ambiente foi inaugurada pela ONU (Organização das Nações Unidas) – Estocolmo.	É considerado um marco histórico-político internacional: resultou na criação da primeira agência ambiental global - o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Além do relatório do clube de roma, um segundo documento da onu intitulado “ <i>only one earth: the care and maintenance of a small planet</i> ” (apenas uma terra: cuidado e conservação de um pequeno planeta), forneceu as bases para as discussões.

Fonte: Os autores, 2023.

Pode-se dizer que, o surgimento da AIA na segunda metade do século XX, foi uma consequência da crescente percepção da fragilidade e vulnerabilidade dos ecossistemas frente ao crescimento econômico e industrialização nos países desenvolvidos. Cada vez mais ficava patente que a avaliação dos grandes projetos não poderia se limitar aos aspectos tecnológicos e de custo-benefício. Assim, de maneira pioneira, a lei americana instituiu uma política nacional do meio ambiente, sob a responsabilidade do governo federal, a fim de garantir a integridade dos componentes físicos, biológicos, sociais e culturais (PEREIRA et al., 2012).

A concepção da AIA, segundo esses mesmos autores, formalizada no NEPA, começou a se difundir mundialmente e a sofrer adaptações em diferentes níveis de acordo com a realidade e necessidade de cada país. Os primeiros países a aderirem ao sistema foram o Canadá, Nova Zelândia e a Austrália, ainda no início dos anos da década de 1970.

Com o Relatório Limites do Crescimento, demonstrou-se de forma convincente a contradição do crescimento irrestrito e do consumismo ilimitado em um mundo de recursos claramente finitos, trazendo a discussão ambiental como prioridade da agenda global. O impacto desse relatório é descrito como um “*Big Bang*” nos campos da política, economia e ciência (CLUB OF ROME, 2012).

De acordo com Pereira et al. (2012), a Conferência de Estocolmo foi marcada por discussões conflituosas entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos. Os primeiros defendiam o “desenvolvimento zero”, pelo controle populacional e a redução do crescimento econômico; os últimos apelavam para o “desenvolvimento a qualquer custo”, alegando que os problemas ambientais eram originados da pobreza, a principal fonte de poluição, e defendiam o direito de crescer sem preocupação com as questões ambientais, a exemplo do que ocorreu com os desenvolvidos.

Segundo esses mesmos autores, para os países pobres, a filosofia do crescimento zero era inaceitável, e culpavam as nações prósperas pelo excesso de produção e consumo. Surge então a alternativa do “Ecodesenvolvimento”, proposta durante a mesma conferência, em que o processo de desenvolvimento econômico pode ser compatível com a preservação do ambiente, desde que a

eficiência econômica seja considerada em conjunto com a equidade social e o equilíbrio ecológico.

Para Fogliatti et al. (2004) e Souza (2004), a partir de 1975, o desenvolvimento de estudos de impactos ambientais passou a ser uma exigência por parte dos órgãos financiadores. À época, sob forte dependência do capital e ajuda externa, muitos países da América Latina, tais como Brasil, Argentina, Colômbia, México e Venezuela, encontraram-se forçados a tomar providências quanto às exigências dos organismos internacionais. A Tabela 2 potencializa a discussão traçando um paralelo histórico.

Tabela 2. Percurso Histórico eventos que potencializaram o AIA

ANO	EVENTO/PAÍS	DESCRIÇÃO
1976	“Loi relative a la protection de la nature” – França	Exigia a realização do EIA antes da instalação de empreendimentos passíveis de alterar o meio ambiente.
1979	Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, organizada pela UNES-CO em colaboração com o PNUMA e realizada na cidade de Tbilisi, Geórgia, antiga União Soviética.	A Conferência de Tbilisi propôs os princípios básicos da educação ambiental: promover a compreensão da interdependência econômica, social, política e ecológica; proporcionar a todos a possibilidade de adquirir os conhecimentos necessários para proteger o meio ambiente, e induzir, nos indivíduos e sociedade, novas formas de conduta a respeito do meio ambiente.
1980	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e De-senvolvimento 10 anos após a Conferência de Estocolmo	Promover audiências em todo o mundo e produzir um resultado formal das discussões
1985	Restante da Europa – Implementação do AIA	A partir de uma resolução da Comissão Europeia que exigia a países membros a adotar

		procedimentos formais de AIA para a aprovação de empreendimentos potencialmente causadores de significativa degradação ambiental.
1987	Relatório Brundtland - "Nosso Futuro Comum",	Abordando temas cruciais para o desenvolvimento sustentável, entre eles, a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, o desenvolvimento de tecnologias para o uso de fontes de energia renováveis e tecnologias ecológicas de produção industrial.

Fonte: Os autores, 2023.

Estes eventos tiveram um papel importante para potencializar os debates sobre os impactos ambientais, a necessidade de instrumentos capazes de identificá-los, analisá-los e buscar soluções pautadas na equidade social, justiça econômica e conservação do meio ambiente, buscando a retomada de uma condição sinérgica entre o homem e natureza.

5. Histórico da proteção ambiental no Brasil

O Brasil é reconhecido internacionalmente por suas riquezas naturais e por sua grande biodiversidade que abriga em seu território. Aliás, o meio ambiente é um patrimônio garantido aos brasileiros estando previsto na Constituição Federal por meio do artigo 225, onde fica estabelecido que:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Contudo, o modelo de exploração utilizado no Brasil desde o descobrimento até recentemente e, em inúmeros casos até aos dias atuais, foi e é basicamente o predatório. De acordo com Borges et al. (2009), o primeiro movimento da Coroa Portuguesa ao desembarcar em solo brasileiro foi explorar as riquezas naturais que ali se encontravam e que pareciam ilimitadas. Esta imensidão, que parecia infinita, perdeu e vem perdendo, ano a ano, uma vasta

área para usos pouco nobres, sem o mínimo de racionalidade para o seu aproveitamento.

Após tanto tempo de escravização da natureza, o homem começou a sofrer as consequências dos seus atos, como o surgimento de doenças nunca antes diagnosticadas. Estas são provenientes dos gases tóxicos exalados pelas fábricas (Cubatão ficou conhecida como a cidade mais poluída do mundo) e pela descarga de automóveis (São Paulo e Rio de Janeiro), da utilização de material nuclear devido à corrida do “desenvolvimento”, do derramamento de petróleo nos oceanos e outras substâncias lesivas à saúde, da queima irracional das florestas, do despejo de esgoto doméstico e industrial nos rios, entre outros (SOUZA, 2001).

Toda essa degradação e seus reflexos ocorrem no Brasil e em todo o mundo. Este quadro de eventos negativos não se trata da “vingança da natureza” - tudo se resume à quebra da resistência que o ambiente enfrenta após os distúrbios causados pelo homem, excedendo à sua capacidade de resiliência². A degradação chega a ser tamanha que o equilíbrio normal do ambiente alterado não consegue retornar ao seu estágio natural e, portanto, surgem as externalidades negativas. O processo produtivo não precisa, necessariamente, prejudicar o meio ambiente. Se o destroem, de nada adiantará toda a ambição do homem, posto que também a nossa existência esteja ameaçada (MASCARENHAS, 2004; SOUZA, 2021).

A importância do ambiente natural para a vida do homem e preocupação com a proteção e o uso adequado dos ecossistemas naturais vem aumentando nos últimos anos. Dentre as principais ferramentas para a proteção ambiental, destaca-se a edição de normas legais. Contudo, apenas elas não fornecem o amparo suficiente para garantir a conservação da natureza. É necessário que haja instrumentos operacionais eficazes, além de simplesmente contar com a legislação ambiental.

A fim de se conhecer o histórico da legislação ambiental, a política ambiental e a organização institucional do Brasil para a proteção ambiental, Pereira et al. (2012) focaram seus estudos no período republicano brasileiro, desde o início do Século XX. Deram ênfase às principais normas de proteção

² Propriedade que alguns ecossistemas apresentam de retornar à condição original após terem sido submetidos a um processo degradativo ou a uma deformação elástica.

ambiental e aos respectivos fatos que, à época, justificaram sua criação. Fatos estes que têm importância significativa nas épocas em que se deram, pois foram deliberadas normas de acordo com a realidade em que se vivia. Portanto, não se devem condenar erros passados, mas acertar as políticas de uso e preservação dos recursos naturais que garantam a sua perpetuidade no futuro.

Segundo esses mesmos autores, durante os primeiros anos do Século XX, o país não demonstrava grande preocupação com os recursos naturais (na visão dos presentes autores, nenhuma). A legislação, inclusive a Constituição Federal, era liberal e garantia aos proprietários rurais autonomia e poder ilimitado sobre a propriedade. Não havia preocupação com o despejo de efluentes em rios, com a coleta de lixo, entre outras ações que hoje se considera triviais. A abundância dos recursos e a capacidade de resiliência dos ecossistemas estavam em equilíbrio.

Com o crescimento da população, a aceleração dos processos de produção e o avanço do desmatamento proporcionado pelo crescimento da agricultura fizeram com que o governo despertasse para a necessidade de se conservar os recursos naturais no país. Nos anos da década de 1920, surgiu a ideia de se criar uma normatização para a proteção e uso racional dos recursos naturais. Em 1934, com a implantação do Estado Novo, foram instituídos o Código Florestal e o Código de Águas, com a principal função de regular o uso das florestas e das águas no Brasil (PEREIRA et al., 2012; SOUZA, 2018; 2021).

O primeiro Código Florestal Brasileiro (1934) apresentava algumas características preservacionistas, estabelecendo o uso da propriedade em função do tipo florestal existente, definindo-as em quatro categorias de florestas: florestas protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento. Além desta classificação, foram estabelecidas limitações às propriedades privadas de acordo com a tipologia florestal nela existente e regulada a exploração das florestas de domínio público e privado. Trazia também, a estrutura de fiscalização das atividades florestais, as penas, infrações e as respectivas punições aos infratores (KENGEN, 2001).

Contudo, apesar das boas intenções, a legislação não funcionou devido à inércia e displicência das autoridades e, dependendo da localização, as áreas que deveriam ser declaradas protetoras ou remanescentes continuavam sendo entregues ao machado e ao fogo (SWIOKLO, 1990; SOUZA, 2018; 2021).

Paralelamente, ocorreram nos anos da década de 1930 outros eventos normativos de importância ambiental. Foi estabelecido o primeiro Código da Fauna (1937) e criado o primeiro Parque Nacional do Brasil, o de Itatiaia, em junho de 1937. No período de 1938 a 1965 ainda foram criados 14 Parques Nacionais no Brasil (BORGES et al., 2009).

Passados 31 anos até a edição do segundo Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65), as normatizações que tratavam das florestas pouco se modificaram. A partir da edição do Código Florestal de 1965, todas as florestas e demais formas de vegetação existentes no território nacional, passaram a ser considerados bens de interesse comum de todos os habitantes do Brasil (BRASIL, 1965). Pela menção “bens de interesse comum”, o Código Florestal de 1965 pode ser considerado o precursor da Constituição Federal de 1988 por conceituar meio ambiente como bem de uso comum do povo brasileiro (MACHADO, 2004).

O Código Florestal de 1965 também introduziu a limitação do uso da propriedade rural pelo seu proprietário, por meio da instituição das áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente (BORGES, 2011). Até então não havia sido editada uma norma que restringisse o uso da propriedade, pois o proprietário detinha direitos ilimitados sobre sua propriedade privada.

Em 1972, o Brasil participou da Conferência de Estocolmo, na Suécia, e tornou-se seu signatário. Signatário quer dizer: uma vez que o país assinou o acordo, ele se compromete a ratificá-lo por meio de uma normatização interna que garanta o cumprimento do que foi acordado no tratado. De forma geral, estas são as regras do direito internacional para a regulação dos tratados internacionais (PEREIRA et al., 2012).

Para esses mesmos autores, o Brasil para iniciar o processo de ratificação do que havia sido tratado em Estocolmo, criou a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Até então as ações de proteção ambiental estavam pulverizadas nos diversos ministérios e órgãos das mais diferentes atribuições: por exemplo, o Código Florestal era vinculado ao Ministério da Agricultura. A SEMA tinha como objetivo sistematizar as informações dispersas no Brasil sobre o meio ambiente e definir procedimentos e padrões de preservação ambientais.

Como resultado da Conferência de Estocolmo, destacam-se algumas normas ambientais brasileiras que são importantes até os dias atuais: o Código

de Mineração de 1967, o Código de Fauna de 1967, o Parcelamento e Uso do Solo Urbano de 1979 e, finalmente, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) de 1981. A PNMA foi o marco decisivo para a ratificação da Conferência de Estocolmo (PEREIRA et al., 2012).

Assim, o Brasil organizou a estrutura institucional sobre o meio ambiente, definiu os princípios gerais para o meio ambiente ecologicamente equilibrado, estabeleceu as diretrizes e regras para o atingimento dos objetivos e princípios de proteção ambiental e, finalmente, trouxe os instrumentos e ferramentas para tutelar o meio ambiente no Brasil. Instrumentos estes que vêm sendo, a cada ano, aprimorados por meio de novas normas ambientais.

Em 1988, durante a constituinte brasileira, os legisladores se atentaram para a proteção ambiental no Brasil também no texto da Carta Magna. A nova Constituição brasileira refletiu o grande debate nacional acerca da problemática florestal e ambiental, tendo inserido no seu texto um capítulo sobre meio ambiente. Assim, a Constituição Federal brasileira trouxe um capítulo exclusivo assegurando a proteção ambiental no Brasil (capítulo VI, art. 225 da Constituição Federal de 1988), que afirma textualmente: *"Todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações"* (BRASIL, 1988).

Após a edição da Constituição Federal de 1988, outros dispositivos surgiram a fim de regulamentar o que estava disposto de forma geral: tanto na Constituição, quanto na PNMA (PEREIRA et al., 2012).

A política ambiental praticada em um país indica o modo como os recursos naturais são utilizados e adequados para o desenvolvimento de atividades econômicas que geram impactos potencialmente degradantes. A tutela ambiental pós-88 tem deixado a rigidez de suas origens antropocêntricas incorporando uma visão mais ampla, de caráter biocêntrico, ao propor-se a amparar a totalidade da vida e suas bases (CYSNE; AMADOR, 2000). Conhecer as normas significa investigar o tipo de racionalidade que fomentou as decisões que envolveram a crescente necessidade de produção, em frente ao esgotamento dos recursos naturais que eventualmente provocaram a emergência de uma consciência ambiental.

De acordo com Ferreira e Sales (2016), transcorridos os importantes debates que embasaram uma mudança de conscientização ambiental no mundo durante os anos da década de 1970, uma nova fase da política ambiental brasileira foi iniciada em 1981, com a publicação da Lei nº 6.938 - estabelece os objetivos, as ações e os instrumentos da política ambiental brasileira.

Na categorização de Monosowski (1989), citado por Ferreira e Sales (2016), esta fase é especificada pela gestão integrada dos recursos naturais, expressa pela primeira vez em uma Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) formalmente instituída. Esta Lei absorve todas as abordagens estratégicas apresentadas nas seções anteriores: envolve, inclusive, os aspectos institucionais, tais como a racionalidade e as práticas que caracterizaram a relação entre a produção e o meio ambiente em cada etapa.

Dentre várias normas que surgiram a partir desse momento, resumidamente, destacam-se (Tabela 3).

Tabela 3. Surgimento de normas/legislações no Brasil

ANO	NORMA/LEGISLAÇÃO
1989	Criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Lei nº 7.735/89);
1989	Criação da lei dos Agrotóxicos (Lei 7.802/89) - dispõe sobre a pesquisa, a produção, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização e o destino final dos resíduos e embalagens de agrotóxicos, seus componentes e afins.
1992	Criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (alteração em 1999).
1997	Criação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97); e regulamentação do licenciamento ambiental com a publicação da Resolução Conama nº 237/97.
1998	Instituição da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98).
1999	Definição da Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9.795/99).
2000	Instituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Lei 9.985/00).

2006	Criação do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) (Lei 11.284/06); 2007 – criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Lei 11.516/07).
2010	Criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12.305/10).
2012	Instituição do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/12).
2012	Criação do Cadastro Ambiental Rural ou CAR (lei 12.651/2012). Auxiliar a Administração Pública no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais. Trata-se de um registro eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, que tem por finalidade integrar as informações ambientais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito (pantaneais e planícies pantaneiras) e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país.
2021	A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais – PNPSA, aprovada pela Lei nº 14.119 de 13/01/2021.

Fonte: Os autores, 2023.

Para aprofundar em um assunto importante que merece destaque, o CAR representa uma base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais. Embora caiba a cada Estado, por intermédio de seus órgãos ambientais, estabelecer o CAR, o Decreto nº 7.830/2012 criou o Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR, que integrará o CAR de todas as Unidades da Federação, além de regulamentar o CAR.

6. aia e política ambiental no Brasil

No Brasil, a avaliação de impacto ambiental (AIA) surgiu em função da exigência de órgãos financiadores internacionais, sendo incluída como parte do sistema de licenciamento ambiental em data posterior. Foi finalmente

incorporada como instrumento de execução da Política Nacional do Meio Ambiente em 1981 (ROHDE, 1995; SILVA, 1994; 1998).

A institucionalização da AIA no Brasil, bem como em diversos países, guiou-se pela experiência americana, em face da grande efetividade que os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) demonstraram no sistema legal dos Estados Unidos (IBAMA, 1995).

A Lei Federal 6.938/81, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, instituiu a AIA como um de seus instrumentos, sendo regulamentada pelo Decreto 88.351/83, vinculando sua utilização aos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente, a cargo das entidades ambientais dos governos estaduais e, em casos especiais, da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).

A maioria dos EIAs realizados no Brasil, no início, foi executada para empreendimentos minerários (IBRAM, 1985; CETESB, 1987) e hidrelétricos. Atualmente, diversos segmentos industriais, das mais diversificadas cadeias produtivas, devem passar por estudos ambientais. Estudos que variam segundo as particularidades dos empreendimentos, porte, potencial poluidor, vulnerabilidade ambiental do local, entre outros requisitos. A Constituição Federal de 1988 fixou em seu artigo 225, inciso IV, a obrigatoriedade do Poder Público exigir o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação ambiental, sendo a primeira Constituição de um país a descrever a obrigatoriedade do EIA.

Embora o Brasil conte com uma regulamentação bem definida, as indústrias também são estimuladas a inovar seus estudos ambientais para uma metodologia melhor e mais precisa e, principalmente, menos impactante. Desta forma, a cada nova tecnologia lançada para reduzir os impactos ambientais dos empreendimentos, novas legislações (principalmente Resoluções do CONAMA e deliberações Estaduais) são promulgadas com o objetivo de replicar as boas ações. Antes orientadas apenas por parâmetros econômico-financeiros, a autorização de funcionamento de um empreendimento evoluiu em vários sentidos, principalmente na exigência dos EIA durante o processo de licenciamento, fundamentados na PNMA (PEREIRA et al., 2012).

6.1. A política nacional do meio ambiente (PNMA)

A Conferência de Estocolmo de 1972, o NEPA americano e a pressão dos organismos financiadores internacionais, antecederam e estimularam a criação da PNMA no Brasil. O Brasil precisava demonstrar ao mundo que tratava com respeito os seus recursos naturais e que os mesmos não estavam entregues à exploração desregrada de quaisquer indústrias que viessem a se instalar no país.

A PNMA (Lei 6.938/81) é constituída pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estruturada em princípios, objetivos e instrumentos responsáveis pela gestão ambiental. Editada na época em que o ambientalismo moderno ainda era incipiente no Brasil, a PNMA trouxe políticas públicas consideradas inovadoras.

Entretanto, ainda permanecem questões que necessitam de complementação mediante a inserção de temáticas recentes (pagamentos por serviços ambientais, zoneamento ecológico econômico, entre outros) e regras de organização das instituições de uma maneira mais sistemática. Contudo, sabe-se da dificuldade em estabelecer regras ambientais no Brasil, onde o Congresso Nacional mais incentiva a flexibilização das normas do que seu rigor punitivo, como ocorreu recentemente com a aprovação do Código Florestal (Lei 12.651/12).

6.2. Estruturação institucional do meio ambiente no Brasil

É fundamental que se entenda o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). Instituído pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, é constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

O SISNAMA não se resume a um órgão nem a uma entidade. Não tem presidente nem diretor. Trata-se da reunião de órgãos e entidades que militam na área ambiental. Compõem o SISNAMA todas as secretarias, órgãos e entidades ligados ao meio ambiente no Brasil.

Desde a sua instituição, em 1981, houve várias modificações na sua estruturação. Dentre as principais alterações, ao longo do tempo, tem-se a

extinção da SEMA e criação do MMA, IBAMA, ICMBio e SFB que serão discutidos ao longo do texto.

A atuação do SISNAMA se dará mediante articulação coordenada dos Órgãos e entidades que o constituem, observado o acesso da opinião pública às informações relativas às agressões ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental, na forma estabelecida pelo CONAMA.

Cabe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a regionalização das medidas emanadas pelo SISNAMA, elaborando normas e padrões supletivos e complementares. Os Órgãos Seccionais devem prestar informações sobre os seus planos de ação e programas em execução, consubstanciadas em relatórios anuais, que são consolidados pelo Ministério do Meio Ambiente, em um relatório anual sobre a situação do meio ambiente no País, posteriormente publicado e submetido à consideração do CONAMA, em sua segunda reunião do ano subsequente.

Para Pereira et al. (2012), além dos órgãos vinculados diretamente à estrutura do SISNAMA, busca-se atualmente no Brasil uma transversalidade da temática ambiental em todos os ministérios, secretarias de estado e secretarias municipais. A concepção do meio ambiente no todo, considerando a interdependência entre meio natural e o socioeconômico são fundamentais para se atingir a sustentabilidade, seja em qualquer esfera do poder ou atividade econômica.

6.3. O papel do CONAMA

De acordo com Pereira et al. (2012), o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) foi criado pela PNMA (Lei 6.938/81) com a principal atribuição de deliberar resoluções que tratam da definição dos parâmetros e diretrizes para a intervenção sobre o meio ambiente e regulamentar o processo de licenciamento ambiental no Brasil. Dentre as várias atribuições do CONAMA, duas o caracterizam como o órgão máximo na proteção ambiental no Brasil: 1) deliberar os padrões e parâmetros de qualidade ambiental, norteando o licenciamento dos empreendimentos causadores de degradação ambiental; e 2) decidir, em último grau recursal ou instância, a instalação dos empreendimentos mais polêmicos.

O CONAMA é composto por Plenário (109 membros), pelo Comitê de integração de Políticas Ambientais (CIPAM), pelos Grupos Assessores de planejamento e avaliação e revisão do regimento interno do CONAMA, pelas Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho para dar suporte técnico às reuniões do CONAMA. O conselho é presidido pelo Ministro do Meio Ambiente e sua Secretaria Executiva é exercida pelo Secretário-Executivo do MMA.

As principais Resoluções do CONAMA no campo dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Licenciamentos Ambientais são, respectivamente, a Resolução CONAMA nº 01 de 1986 e a nº 237 de 1997. Estas resoluções definem critérios e diretrizes gerais para a realização dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA), Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) e Licenciamento Ambiental no Brasil. A Resolução 01/86 é considerada a precursora da evolução no ordenamento jurídico brasileiro sobre os estudos dos impactos, sendo que de 1984 até 2012 foram editadas mais de 400 resoluções.

As resoluções do CONAMA tratam de diversos assuntos relacionados às atividades que causam alguma intervenção no ambiente. As principais resoluções que tratam do EIA e licenciamento ambiental estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Resoluções CONAMA que abarcam o EIA e o licenciamento ambiental

ANO	RESOLUÇÃO CONAMA Nº / DESCRIÇÃO
1985	005 "Dispõe sobre o prévio licenciamento por órgão estadual nas atividades de transporte, estocagem e uso do "Pó da China"
1986	001 "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA"
	006 "Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento"
	024 "Dispõe sobre apresentação de licenciamento de projetos de hidrelétricas pela ELETROBRÁS"
	028 "Dispõe sobre a determinação à CNEN e FURNAS de elaboração de EIAs e apresentação do RIMA referente às Usinas Nucleares Angra II e III"

	029	"Dispõe sobre a determinação à CNEN e FURNAS - de apresentação do RIMA das Usinas Nucleares Angra II e III"
1987	006	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica"
	009	"Dispõe sobre a questão de Audiências Públicas"
1988	005	"Dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento básico"
	008	"Dispõe sobre o licenciamento de atividade mineral (transformada no Decreto nº 97.507, de 13 de fevereiro de 1989)" Status: Transformada em ato superior
1989	015	"Dispõe sobre a apresentação de EIAs, pela PETROBRAS, sobre o uso de metanol como combustível"
1990	009	"Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX"
	010	"Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II"
	011	"Dispõe a revisão e elaboração de planos de manejo e licenciamento ambiental na Mata Atlântica"
1993	016	"Ratifica os limites de emissão, os prazos e demais exigências contidas na Resolução CONAMA nº 018/86, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE, complementada pelas Resoluções CONAMA nº 03/89, nº 004/89, nº 06/93, nº 07/93, nº 008/93 e pela Portaria IBAMA nº 1.937/90; torna obrigatório o licenciamento ambiental junto ao IBAMA para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis e sua formulação final para uso em todo o país"
1994	001	"Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa em São Paulo".
	002	"Define formações vegetais primárias e estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os

procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Paraná".

- 004 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais em Santa Catarina".
- 005 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais na Bahia".
- 023 "Institui procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural".
- 025 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Ceará"
- 026 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Piauí"
- 028 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração de recursos florestais no Alagoas"
- 030 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Mato Grosso do Sul"
- 031 "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de

		orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Pernambuco"
	032	"Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Rio Grande do Norte"
	034	"Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Sergipe"
1996	010	"Regulamenta o licenciamento ambiental em praias onde ocorre a desova de tartarugas marinhas"
1997	237	"Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente"
1999	248	"Determina o Manejo florestal sustentável, Licenciamento Ambiental e Controle e Monitoramento dos empreendimentos de base florestal, na Mata Atlântica no Sul da Bahia"
	264	"Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos"
2001	279	"Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental"
	281	"Dispõe sobre modelos de publicação de pedidos de licenciamento"
	284	"Dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação"
	286	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos nas regiões endêmicas de malária"
2002	305	"Dispõe sobre Licenciamento Ambiental, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto no Meio Ambiente de atividades e empreendimentos com Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados"

	312	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira"
2003	334	"Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos"
	335	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios"
2004	349	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos ferroviários de pequeno potencial de impacto ambiental e a regularização dos empreendimentos em operação"
	350	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental específico das atividades de aquisição de dados sísmicos marítimos e em zonas de transição"
2006	368	"Altera dispositivos da Resolução Nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios"
	377	"Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário"
	385	"Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental"
	387	"Estabelece procedimentos para o Licenciamento Ambiental de Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária, e dá outras providências"
2008	404	"Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos"
2009	412	"Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à construção de habitações de Interesse Social"
	413	"Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências"
2010	428	"Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da

		Unidade de Conservação (UC), de que trata o artigo 36, § 3o, da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências”.
2012	454	de 1º de novembro de 2012 - estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.
2013	459	de 04 de outubro de 2013 - Altera a Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA , que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências.
2014	463	de 29 de julho de 2014 - revoga a Resolução CONAMA nº 314/2002. Dispõe sobre o controle ambiental de produtos destinados à remediação.
2015	467	de 16 de julho de 2015 - dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais e dá outras providências.
2016	474	de 6 abril de 2016 - altera a Resolução nº 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria, e dá outras providências.
2017	481	de 3 de outubro de 2017 - esta Resolução estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, visando à proteção do meio ambiente e buscando reestabelecer o ciclo

		natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos.
2018	491	de 19 de novembro de 2018 - dispõe sobre padrões de qualidade do ar.
2019	493	de 24 de junho de 2019 - estabelece a Fase PROMOT M5 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos similares - PROMOT para controle de emissões de gases poluentes e de ruído por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, altera as Resoluções CONAMA nº. 297/2002 e n. 432/2011, e dá outras providências.
2020	500	De 19 de outubro de 2020 - Declara a revogação das resoluções discriminadas neste ato. O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto no seu Regimento Interno, resolve: Art. 1º Fica declarada a revogação da: I - Resolução nº 284, de 30 de agosto de 2001, que dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação. II - Resolução nº 302, de 20 de fevereiro de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno; e III - Resolução nº 303, de 13 de maio de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Art. 2º Esta Resolução entra em vigor sete dias após a data de sua publicação.

Fonte: Pereira et al. (2012); MMA (2021).

É possível acessar todas as resoluções CONAMA por meio de consulta ao seu sítio na rede mundial de computadores (<http://www.mma.gov.br/conama/>)

ou ainda por consulta ao índice temático da publicação “*Resoluções do Conama: Resoluções vigentes do CONAMA publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008*” (CONAMA, 2008; 2020).

O ordenamento regulado pelo CONAMA continua se aperfeiçoando. Por isso é considerado um dos principais órgãos de tutela ambiental. Sempre é bom buscar atualização, considerando as mudanças que ocorrem com frequência na legislação brasileira: por inovação, e por conveniências.

6.4. Reorganização institucional das políticas ambientais

A legislação ambiental brasileira sempre se mostrou precária e insuficiente para atender às reais necessidades do país no que se refere aos recursos ambientais. Contudo, de acordo com Pereira et al. (2012), a crescente preocupação com a conservação dos recursos naturais levou o Brasil a estabelecer profundas modificações no campo institucional nos últimos anos.

Neste contexto, para esses mesmos autores, é importante citar a PNMA (Lei nº 6.938/81) que criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). Essa Lei se transformou no principal instrumento da gestão ambiental no país, definindo o papel do Poder Público e conferindo novas responsabilidades ao setor privado em relação à proteção do meio ambiente. A PNMA passou a tratar o meio ambiente em termos sistêmicos e globais, ao invés de tratar as questões ambientais de forma pontual e específica.

Visando melhorar seu desempenho, em fevereiro de 1989, o Governo Brasileiro unificou a estrutura da administração pública ambiental, criando o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a partir da fusão do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e da Superintendência de Desenvolvimento da Borracha (SUDHEVEA).

Com esta medida, objetivou-se dotar de uma visão integrada o planejamento e a ação governamental no setor de meio ambiente, abarcando em uma só estrutura as funções de fomento, proteção, pesquisa e fiscalização para as áreas florestais, pesqueiras e de preservação dos ecossistemas nacionais. Ao mesmo tempo o IBAMA passou a exercer o papel de órgão executor do SISNAMA, com a finalidade de executar e fazer executar, como

órgão federal, a política e diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente (PEREIRA et al., 2012).

Nesta época o país já se encontrava sob uma nova ordem constitucional, onde a questão ambiental recebeu destaque e passou a ser tratada de forma indissociável. No tocante à repartição de competências entre os entes federativos para a tutela ambiental, a Constituição Federal de 1988 definiu três competências distintas, quais sejam: privativas, comuns e concorrentes. Ações de interesse nacional ou que envolvem energia nuclear, populações indígenas, fronteiras, dentre outras, são de competência privativa da união (artigos 21 e 22 da Constituição Federal) (PEREIRA et al., 2012).

De acordo com esses mesmos autores, a competência comum à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, refere-se às ações conjuntas para preservar e conservar as florestas, a fauna e a flora (artigo 23 da Constituição Federal). A competência para legislar sobre florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição, deixou de ser privativa da União. Conferiu-se aos Estados e ao Distrito Federal competência para legislar, concorrentemente com a União, nos termos do artigo 24, da Constituição Federal.

O mandamento constitucional da competência comum e da competência concorrente, consagrada na nova Constituição, alterou, radicalmente, o modelo centralizado de administração construída em torno do extinto IBDF, estabelecendo a descentralização como um princípio fundamental. Como desdobramento da nova Constituição, podem ser assinalados os seguintes pontos de inovação da competência ambiental e florestal no Brasil (Figura 1) (FUNATURA, 1996).

Observa-se que nesta época o enfoque ambiental era estreitamente associado aos recursos florestais brasileiros. Segue a análise dos principais órgãos pós-1988 que tutelam o meio ambiente no Brasil (PEREIRA et al., 2012):

Inovação da Competência Ambiental e Florestal no Brasil

Desdobramentos da Nova Constituição

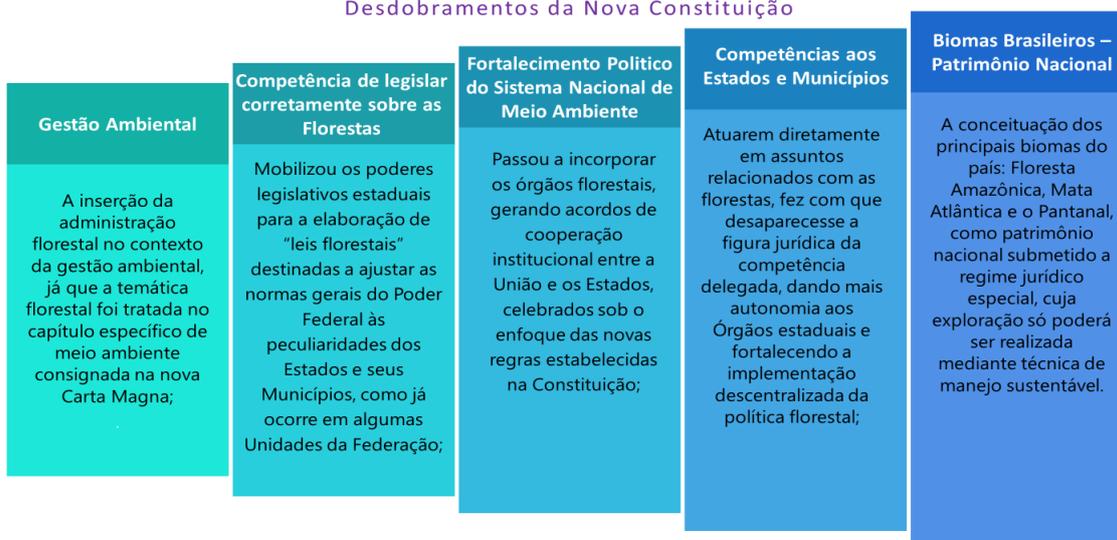


Figura 1. Inovações Ambientais e Florestais a partir dos desdobramentos da nova Constituição. Fonte: Os autores, 2023.

7. Criação dos fundamentais órgãos e leis ambientais

7.1. Criação do IBAMA e seu papel institucional: 1989

A criação do IBAMA, por meio da Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, buscou criar um fato político e administrativo, com o qual fosse possível responder às preocupações e às pressões da sociedade brasileira, principalmente, aquelas nascidas no seio do movimento ambientalista, em relação ao imobilismo e à inoperância da estrutura governamental que o precedeu. Com o surgimento do IBAMA, as atividades ambientais deixaram de ser geridas sob a ótica e a influência da política agrícola, como tradicionalmente se fazia no Brasil, dando ênfase ao meio ambiente nas políticas de desenvolvimento do país (PEREIRA et al., 2012).

Segundo Funatura (1996) o IBAMA procurou instrumentalizar um novo modelo de gestão, que tinha por base o fato de ser (Figura 2).

INSTRUMENTALIZAÇÃO DA GESTÃO DO IBAMA



Figura 2. Modelo de Gestão do IBAMA. Fonte: Os autores, 2023.

De acordo com Pereira et al. (2012), a matriz institucional do IBAMA, assim definida, procurou (Figura 3):

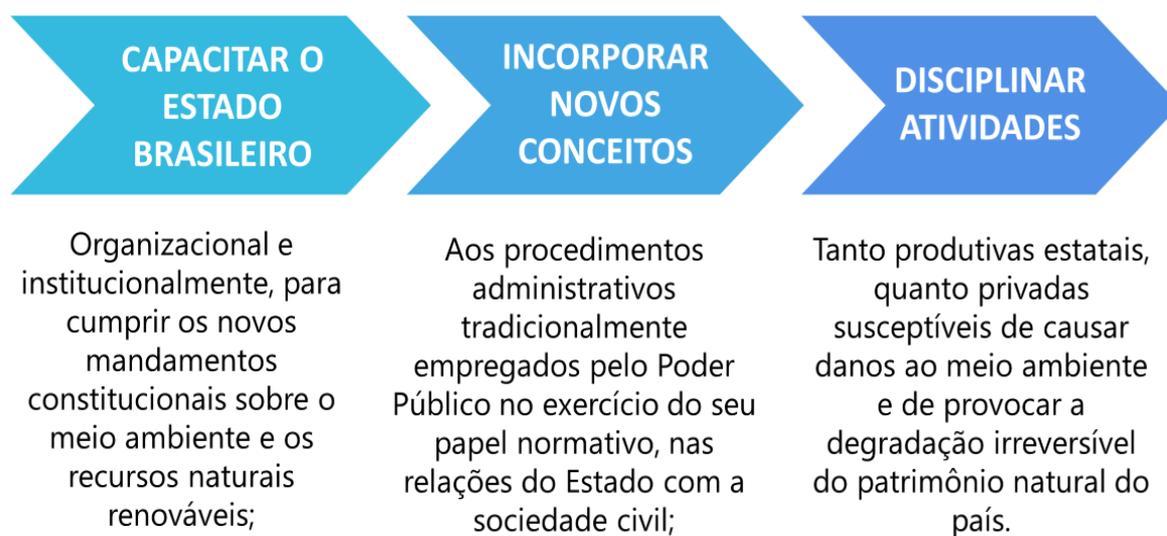


Figura 3. Objetivos da matriz institucional do IBAMA. Fonte: Os autores, 2023.

De acordo com Pereira et al. (2012), a formulação conceitual do novo modelo de gestão ambiental e da matriz institucional estabelecida, para configurar o papel do Estado e a atuação do Governo no tocante à questão. Levou em conta a necessidade de se incorporar, numa mesma esfera de decisões, as atribuições inerentes ao meio ambiente e aos recursos naturais

renováveis. Buscava-se, então, estruturar um Órgão que superasse a fragilidade, a inércia, o anacronismo e o fracionamento dos encargos e das competências das instituições extintas. Esta concepção deu lugar à criação do IBAMA.

Segundo esses mesmos autores, o IBAMA foi estruturado de forma a incorporar todas as atribuições das instituições extintas, além de incorporar as novas funções previstas na PNMA como órgão executor do SISNAMA. A estrutura institucional foi dividida entre várias diretorias e departamentos, quais sejam: a Diretoria de Controle e Fiscalização (DIRCOF), a Diretoria de Recursos Naturais Renováveis (DIREN), a Diretoria de Ecossistemas (DIREC) e a Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação (DIRPED).

Em termos operacionais, as consequências da gestão da Política Ambiental decorrente do novo arranjo institucional do IBAMA foram as seguintes: a reestruturação institucional do IBAMA incorporando todas as funções do SISNAMA de forma a minimizar as deficiências observadas até então; a concentração e centralização de atividades ambientais e florestais ao IBAMA, sendo possível estabelecer parcerias com os estados e o Distrito Federal; a correção no desequilíbrio de funções observadas anteriormente por meio de controle e fiscalização mais efetivos; a melhoria da atuação do IBAMA em defesa do meio ambiente, incluindo a proteção das florestas e demais recursos naturais, em detrimento da redução da representatividade do setor florestal, especialmente dos setores produtivos (PEREIRA et al., 2012).

Em 2007, o IBAMA novamente passou por reformas institucionais. Foi dividido em dois institutos distintos, permanecendo o IBAMA com as funções que envolvem os licenciamentos ambientais, autorizações ambientais e a fiscalização. O outro, denominado “Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade”, passou a executar tarefas antes devidas ao IBAMA, como proposição, implantação, gestão, proteção, fiscalização e monitoramento de Unidades de Conservação Federais (REZENDE et al., 2007).

7.2. Criação do MMA: 1992

De acordo com Pereira et al. (2012), no contexto de priorização das questões relacionadas à Política de Meio Ambiente do país e diante das críticas internacionais em relação à questão amazônica, o governo brasileiro criou, em

1992, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMARHAL) (Lei nº 8.490/92), com a finalidade de coordenar, supervisionar e controlar as atividades relativas à PNMA e à preservação, conservação e uso racional dos recursos naturais renováveis. Entre as diversas competências atribuídas ao Ministério, incluiu-se: formular, orientar e disciplinar a política florestal, faunística, pesqueira e da borracha.

Segundo esses mesmos autores, a decisão política do Governo Federal em criar o MMARHAL trouxe reflexos na reestruturação do IBAMA. Apesar destas implicações, novamente, observava-se a defasagem entre a intenção e a prática, uma vez que o MMARHAL não contemplou o setor florestal em secretaria específica, o que na prática manteve a gestão dos recursos e atividades florestais subordinadas integralmente à política ambiental.

E continuam a discussão: esta distorção somente veio a ser corrigida com a reestruturação do MMARHAL e consolidação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio do Decreto nº 2.972/99. Este Decreto criou a Secretaria de Biodiversidade e Florestas com competência de propor políticas e normas, definir estratégias e implementar programas e projetos relacionados: 1) a gestão compartilhada do uso sustentável dos recursos naturais; 2) o conhecimento, conservação e utilização sustentável da biodiversidade; 3) o acesso aos recursos genéticos; 4) o reflorestamento e a recuperação das áreas degradadas; 5) o uso sustentável da ictiofauna³ e dos recursos pesqueiros; 6) o gerenciamento do sistema nacional de unidades de conservação; e 7) o uso sustentável de florestas, incluindo a prevenção e controle de queimadas.

Com a estruturação do MMA vigente, ressalta-se a importância ambiental no contexto das políticas públicas e um espaço de interlocução com o governo, especialmente no que tange a políticas, programas e projetos voltados à proteção da biodiversidade constantes nos estudos ambientais para instalação dos empreendimentos.

7.3. Lei de crimes ambientais: 1998

A Lei de Crimes Ambientais aprimorou a legislação que era falha com relação à questão de penalidades contra aqueles que utilizavam os recursos

³ Conjunto dos peixes que vivem em certo ambiente, ou ainda, o conjunto das espécies de peixes que existem em uma determinada região biogeográfica.

naturais de forma inadequada. Até então compensava-se utilizar dos recursos ambientais causando degradação, porque as penas e multas decorrentes eram insignificantes frente ao lucro gerado pela prática da degradação. Os delitos contra o meio ambiente eram considerados contravenções penais – não eram, portanto, crime. Assim, qualquer dano ou prejuízo causado aos elementos que compõem o meio ambiente, com a Lei de Crimes Ambientais, passou a ser considerado crime ambiental (BORGES et al., 2009).

A Lei de Crimes Ambientais tramitou entre a Câmara dos Deputados e o Senado de 1991 a 1998, quando em fevereiro deste último ano foi finalmente aprovada. A Lei não trata apenas de punições severas. Incorporou métodos e possibilidades da não aplicação das penas, desde que o infrator recupere o dano, ou, de outra forma, pague sua dívida à sociedade.

Uma lei só é eficiente se puder ser efetivamente aplicada e cumprida. A Lei de crimes ambientais ainda precisa ser mais bem divulgada e correlacionada com a Constituição Federal de 1988, que trata do meio ambiente comum a todos, sendo dever de cada cidadão proteger o meio ambiente. No entanto, é necessária a participação da sociedade na forma de denúncias sobre a má utilização dos recursos naturais, pois incumbe ao poder público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações. A Lei de Crimes Ambientais é uma ferramenta de cidadania, cabendo a todos os cidadãos exercitá-la, implementá-la, dar-lhe vida, por meio do seu amplo conhecimento e da vigilância constante (IBAMA, 2001).

Ter boas leis é o primeiro e mais importante passo, mas não é o suficiente. A norma é apenas um ponto de partida. Para a sua efetividade, é necessário estabelecer condições que viabilizem sua aplicação, como a contratação de técnicos especializados, infraestrutura adequada e recursos financeiros para a consecução dos trabalhos (BORGES et al., 2009).

7.4. Serviço Florestal Brasileiro: 2006

De acordo com Pereira et al. (2012), a Lei 11.284/06 criou o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e dispôs sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável no território brasileiro. Esta norma estabeleceu os critérios para o uso, concessão e conservação das florestas públicas. Conceituou termos atinentes à exploração florestal bem como os produtos e serviços que ela pode

oferecer. O SFB atua exclusivamente na gestão das florestas de domínio público e tem por competência os descritos da Figura 4 (BRASIL, 2006).



Figura 4. Gestão das Florestas a partir do Serviço Florestal Brasileiro. Fonte: Os autores, 2023.

De acordo com Pereira et al. (2012), no exercício de suas atribuições, o SFB promove a articulação com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, para a execução de suas atividades de forma compatível com as diretrizes nacionais de planejamento para o setor florestal e com a PNMA.

7.5. Criação do ICMBio: 2007

De acordo com Pereira et al. (2012), a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) surgiu da necessidade de se criar uma estrutura organizada de forma a proteger a biodiversidade no Brasil. Visou separar, principalmente, as atribuições de proteção da biodiversidade daquelas do licenciamento de atividades degradadoras do meio ambiente: este pertencente ao IBAMA. Não justificava o mesmo órgão que protegia o meio ambiente autorizar a intervenção no mesmo. A criação do ICMBio foi um importante instrumento para o aperfeiçoamento do SISNAMA.

Segundo esses mesmos autores, o ICMBio, autarquia federal dotada de personalidade jurídica de direito público, autonomia administrativa e financeira, vinculada ao MMA, é responsável pela gestão das Unidades de Conservação

(UC) Federais de todo o País e tem, como principais finalidades (Figura 5) (BRASIL, 2007).

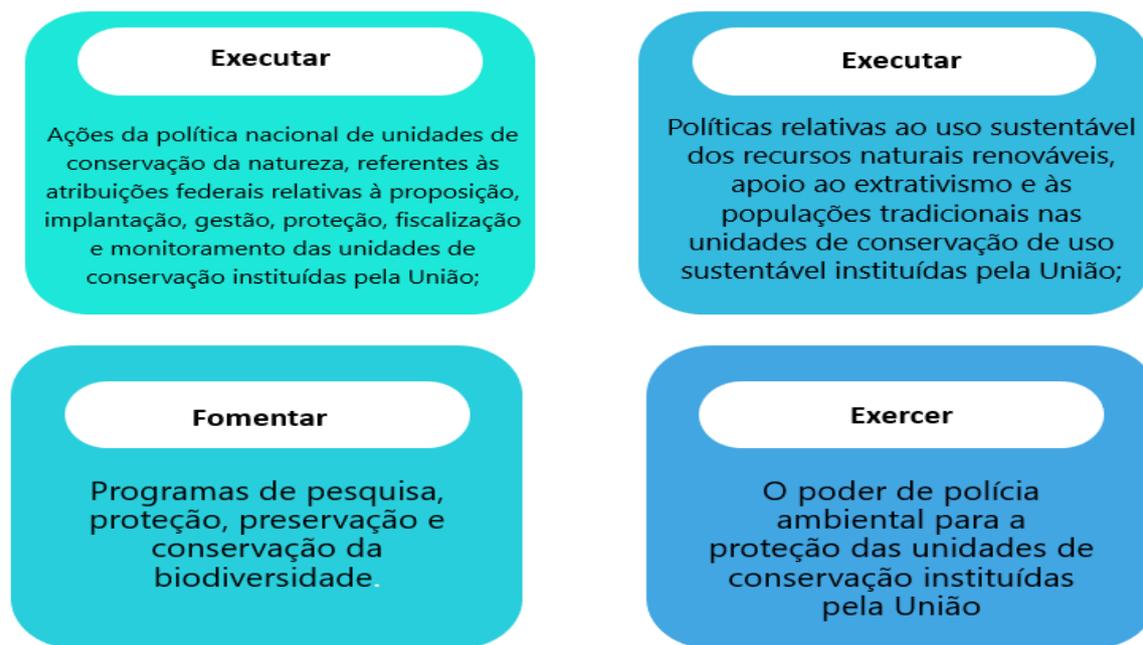


Figura 5. Finalidades do MMA em relação Gestão das Unidades de Conservação (UC). Fonte: Os autores, 2023.

8. Considerações finais

Abarcar o percurso histórico da legislação brasileira permite compreender a evolução e os contextos que potencializaram a necessidade e a relevância dos estudos de impactos ambientais. Diversos foram os cenários apontados até o presente momento que permite evidenciar a necessidade constante de se retomarem as discussões sobre os instrumentos e diretrizes para os estudos de impacto ambiental, contextualizando a evolução com o cenário atual, para que seja possível aperfeiçoar cada vez mais as metodologias que visam identificar, avaliar, analisar e propor ações para mitigar os impactos ambientais negativos.

9. Referências bibliográficas citadas e pesquisadas

ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. Impactos das grandes barragens na saúde da população - uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE FLORESTAS TROPICAIS ÚMIDAS, 1990, Manaus. **Anais...** Rio de Janeiro: Biosfera, 1992. p.370-383.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 17-42.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A. Evolução da Legislação Ambiental no Brasil. Rama: **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v. 2, p. 447-466, 2009.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. de. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural** (UFMS. Impresso), v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 2011.

BRASIL Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 13 set. 2022.

BRASIL, **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao/lei%209.433>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 16 set. 2019.

BRASIL, **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: A agenda 21**. Brasília: Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas. 1996.

BRASIL. Do meio ambiente: **artigo 225 da Constituição Federal de 1988**. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Lei 11.284, de 02 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas e institui o Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

BRASIL. **Lei 11.516, de 28 de agosto de 2007**. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Instituto Chico Mendes). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Instituiu o código florestal brasileiro. Brasília, DF, 1965. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

CLUB OF ROME. **Money and sustainability: the missing link**. Fiance Watch and the World Business Academy. 2012. 216 p.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.19-45.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução de 06 de dezembro de 1990, n. 13**. Brasília: D.O.U. de 28/12/90, seção I, 1999. p. 25-41.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 1, de 8 de março de 1990a**. Disponível em: . Acessado em: 20 ago. 2015.
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990b**. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CYSNE, M.; AMADOR, T. **Direito do ambiente e redação normativa: teoria e prática nos países lusófonos**. União mundial para a natureza (UICN). Alemanha: UICN, 2000. Disponível em: <<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/EPLP-042.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2012.

EIA/RIMA – **Duplicação da BR 101 Trecho Florianópolis (SC) a Osório (RS)**. Ministério dos Transportes, 2016. 65 p. Disponível em: C:/Users/ACER/Downloads/ EIA_RIMA_BR_101.pdf. Acesso em: 18 abr. 2018.

FERREIRA, C. C.; JAEGGI, M. E. P. DA; MOREIRA, T. B. R.; SOUZA, M. N.; RODRIGUES, D. D.; FONSECA, R. A.; DAMPIERI, F. G.; MOREIRA, C. G.; ZACARIAS, A. J.; SOUZA, I. I. DE M. Cafeicultura: Recuperação de áreas

degradadas e uso de práticas agroecológicas no manejo do café em região de montanhas, p. 73 - 126. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

FERREIRA, M. B. M; SALLES, A. O. T. Política ambiental brasileira: análise histórico-institucionalista das principais abordagens estratégicas. **Revista de Economia**, v. 43, n. 2, 16 p., 2016.

FERREIRA, R. M. A. Avaliação do Impacto Ambiental e a Legislação Brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 5-11, 2000.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais**: aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

FONSECA, R. A.; SOUZA, M. N.; MENDONÇA, P. P.; MOURA NETO, H.; MOREIRA, C. G.; PASCHOA, J. C. DA; HORSTH, L. C.; CRESPO, A. M. Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas, p. 58-72. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

FUNATURA - Fundação Pró-Natureza. **Diagnóstico e avaliação do setor florestal brasileiro**. Brasília: Funatura, Ibama, ITTO, 1996.

IAIA - Associação Internacional para Avaliação de Impactos. **Estudos de Impactos Ambientais**. 2015. Disponível em: <<http://www.iaia.org/>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Lei da vida**: a lei dos crimes ambientais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Assessoria de Comunicação Social, 2001.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Flora**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2010/IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

LIMA, G. F. C. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. **Rev. Política & Trabalho**, PPGS/UFPB, n. 13, p. 4, 1997.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 216-261.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 12. ed. São Paulo, SP: Malheiros, 2004.

MASCARENHAS, L. M. A. Visão Sistêmica no Direito Ambiental pátrio. In: Congresso Internacional de direito ambiental, Congresso brasileiro de direito ambiental - fauna, políticas públicas e instrumentos legais, 8, 9, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: Instituto o Direito por um Planeta Verde, 2004. v. 1. p. 521-532.

MATIAS, Á. **"Revolução Verde", Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>. Acesso em: 08 dez. 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **O futuro que queremos**. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. RIO + 20. Rio de Janeiro, 59 p. 2012.

PEREIRA, I. M.; JAEGGI, M. E. P. C.; ROCHA, R. S.; ENTRINGER, G. C.; CRUZ, D. P.; LIMA, W. L.; SOUZA, M. N.; GRAVINA, G. A.; OLIVEIRA, T. R. A.; SANTANNA, C. Q. S. S. Morphological characterization of strains of bean pod promising south capixaba. **American International Journal of Agricultural Studies**, v. 3, n. 127, p. 14-18, 2020. Disponível em: <http://www.acseusa.org/journal/index.php/aijas>.

PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C. B.; BARBOSA, A. C. M. C.; BORÉM, R. A. T. **Fundamentos da avaliação de impactos ambientais com estudo de caso**. Lavras: UFLA, 2012. 154 p.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2003**. Lisboa, Portugal: Mensagem, 2003. 367p.

REZENDE, J. L. P.; BORGES, L. A. C.; COELHO-JÚNIOR, L. M. **Introdução à política e a legislação ambiental e florestal**. Lavras. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais (UFLA). 147 p. 2007.

ROCHA, C.M. **Legislação de conservação da natureza**. São Paulo. CESP: FBCN. 1986.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L. do; PEREIRA, P. C. Avaliação de Impactos Ambientais nos Países do Mercosul. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 147-160, 2005.

ROHDE, M. G. Estudos de impacto ambiental: a situação brasileira. In: **RIMA**, Relatório de Impacto Ambiental: Legislação, elaboração e resultados. VERDUM, R.; MEDEIROS, R. M. V. (Org.). 3ª ed. ampl. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 1995. p. 20-36.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2001.

SILVA, D. D. Noções de recursos hídricos. In: Encontro de preservação de mananciais da Zona da Mata Mineira, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p. 226-269.

SILVA, E. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Viçosa, MG: DEF/UFV, 1998. 56 p. (Apostila de ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais).

SILVA, E. **Avaliação de impactos ambientais no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 31p.

SOUSA, W. L. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas**: uma análise comparativa de duas abordagens. Rio de Janeiro, 2000, 115 p. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 2000.

SOUSA, W. L. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas**: uma análise comparativa de duas abordagens. Rio de Janeiro, 2000, 115 p. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 2000.

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. A. A. da S. S.; SOUZA, M. N.; SOUZA, M. N. A Informalidade na Produção da Cachaça no Município de Rio Pomba, MG. **Extensão Rural (Santa Maria)**, v. 19, n. 75, p. 104-167, 2012.

SOUZA, M. A. A. S. **Produção da cachaça**: informalidade e redes sociais no contexto rural. SOUZA, M. N. (Org.). Frankfurt - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2016, v.1000. p.150.

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>.

SOUZA, M. N. A crise energética e as políticas públicas. **Fundação Getúlio Vargas (FGV)**, v. 1186, p.1-4, 2008.

SOUZA, M. N. A economia e o ambiente. **Revista DAE**, v. 957, p.1-2, 2009.

SOUZA, M. N. A economia, o ambiente e os limites do crescimento. **Revista DAE**, v. 15, p. 1-3, 2009.

SOUZA, M. N. **Agroecologia e a crise energética**. Fundação Getúlio Vargas (FGV), v. 430, p. 45-56, 2009.

SOUZA, M. N. Análise da implantação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos no município de Rio Pomba, MG. **Holos (Natal. Online)**, v.3, p. 37-45, 2015.

SOUZA, M. N. As unidades básicas de saúde no espaço urbano de Juiz de Fora e sua conectividade com áreas de especial interesse social. **Ciência e Saúde Coletiva (Impresso)**, v. 34, p. 23-34, 2012.

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. Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 72-113. 2022. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6>.

SOUZA, M. N. Avaliação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas em cenários de mudanças climáticas com o uso da modelagem: caso ribeirão Entre Ribeiros. **Revista Saneas**, v. 38, p. 24-28, 2014.

SOUZA, M. N. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. **Instituto das Águas da Serra da Bodoquena**. v. 2953, p. 3-6, 2007.

SOUZA, M. N. Crescimento urbano: a economia e a sustentabilidade. **REDAE** (Salvador), v. 12310, p. 1-2, 2011.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 376 p.

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. Desafios atuais para a formação dos gestores ambientais. **Agrocampo**, v. 1, p. 30-31, 2010.

SOUZA, M. N. **Dinâmica do uso dos recursos hídricos nas bacias do 2008 ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto, afluentes do rio Paracatu**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 345p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SOUZA, M. N. **Elaboração e avaliação de projetos socioambientais**. Brasília: MEC/SETEC, 2014, v.5000. 98 p.

SOUZA, M. N. Hidrelétricas: energia limpa? **Informe SER-SESI**, v. 02, p. 8-10, 2011.

SOUZA, M. N. Impactos e externalidades socioambientais da construção de barragens e usinas hidrelétricas sobre comunidades e ecossistemas aquáticos In: **Proteção da biodiversidade e construção de barragens hidrelétricas**. 1 ed. São Paulo: Editora Fiuza Ltda, 2012, v.1, p. 305-340.

SOUZA, M. N. **Introdução ao estudo do meio ambiente**. Florianópolis: e-TEC BRASIL, 2012, v.1000. p.95.

SOUZA, M. N. Mercado e ambiente: perfil profissional e desafios para a sua formação. **Diário Oficial da União. Seção 1 (Online)**, v. 29, p. 1-5, 2010.

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. Mycorrhizal association as a strategy for the establishment of species in impacted surface. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.1, p. 33-39, 2014.

SOUZA, M. N. O direito ao ambiental salubre e a política nacional de resíduos sólidos no município de Tocantins, MG. **Holos** (Natal. Online), v.3, p.23 - 32, 2014.

SOUZA, M. N. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Pomba - MG**. Belo Horizonte: DIEFRA, 2013, v.100. 585 p.

SOUZA, M. N. Produção Agroecológica e Políticas Públicas no Assentamento Loiva Lourdes- Borebi-SP. **Revista Alamedas**, v. 4, n. 45, p. 13-22, 2017.

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, 2021.133p.

SOUZA, M. N. **Recuperação de Áreas Degradadas: noções gerais**. Brasília: MEC/SETEC, 2016, v.3000. p.145.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

SOUZA, M. N.; BERDAGUE, C. S.; KILESS, R.; BATISSA JÚNIOR, W.; VIANA, W. **Sistema de gestão ambiental da usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos de Viçosa, MG**. Trabalho realizado como parte das exigências da disciplina ENF 686 - Sistema de Gestão Ambiental, do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002. 59 p.

SOUZA, M. N.; GONÇALVES, W. F. Mudanças climáticas, agroecologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 5, p. 1-5, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; GRIFFITH, J. J.; SILVA JUNIOR, A. G.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto com o uso do programa STELLA. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 353-366, 2009.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SOUZA, M. A. A. S. Dynamic systems and the modeling with the use STELLA. **Academic Journals Database**, v. 4, p. 23-37, 2014.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Software STELLA and the hydrologic behavior in the basin of the Entre Ribeiro river, Paracatu river tributary, in scenery of climatic change. **Cadernos UNICAMP**, v. 84, p. 67-79, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Dinâmica de sistemas e a modelagem com o uso do programa STELLA dos recursos hídricos da bacia do rio Preto, afluente do rio Paracatu. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 16-42, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SOUZA, M. A. A. S. Dynamic o systems and the modelling with the use STELLA. **ACADEMIC JOURNALS DATABASE**, v.4, p.23-37, 2014. Disponível em: <http://www.journaldatabase.org>.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Dynamic of systems and the modeling with the use STELLA program of the hydrologic resources in the rio Preto basin, Paracatu river tributary. **Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura**, v. 21796, p. 23-35, 2011.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Dinâmica de sistemas e a modelagem com o uso do programa STELLA dos recursos hídricos da bacia do rio Preto, afluente do rio Paracatu. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 16-42, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SOUZA, M. A. A. S. Dynamic o systems and the modeling with the use STELLA. **ACADEMIC JOURNALS DATABASE**, v. 4, p. 23-37, 2014. Disponível em: <http://www.journaldatabase.org>.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Software STELLA and the hydrologic behavior in the basin of the Entre Ribeiros river, Paracatu river tributary, in scenery of climatic change. **Cadernos Pagu (UNICAMP. Impresso)**, v. 84, p. 67-79, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M.; SILVA, M. A. A. Software STELLA e o comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 1, p. 43-66, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Engenharia na agricultura**, v. 1, p. 32-47, 2013.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão entre ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura**, v.107, p.1-3, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Water resources use dynamics in watersheds of ribeirão Entre Ribeiros and rio Preto, tributaries of the Paracatu river. **Boletim de Ciências Geodésicas** (Impresso), v.17, p.35-46, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto com o uso do programa STELLA. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 43, p. 346-353, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão entre ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura**, v. 107, p. 1-3, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, p. 339-351, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto com o uso do programa STELLA. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 43, p. 346-353, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto, afluente do rio Paracatu, com o uso do programa STELLA como ferramenta de gestão. **Diário Oficial da União. Seção 3 (Online)**, v. 2, p. 257-273, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Engenharia na agricultura**, v. 1, p. 32-47, 2013.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão entre ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Sistema Aberto e Integrado de Informação em Agricultura**, v. 107, p. 1-3, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Water resources use dynamics in watersheds of ribeirão Entre

Ribeiros and rio Preto, tributaries of the Paracatu river. **Boletim de Ciências Geodésicas (Impresso)**, v. 17, p. 35-46, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio Preto com o uso do programa STELLA. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 43, p. 346-353, 2010b.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, J. J.; DELGADO, R. C. Dinâmica de sistemas e modelagem dos recursos hídricos da bacia do rio preto, afluente do rio Paracatu, com o uso do programa STELLA como ferramenta de gestão. **Diário Oficial da União. Seção 3 (Online)**, v. 2, p. 257-273, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, JAMES JACKSON; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu, em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v18n04a08>. **RICA**, v. 1, p. 32-47, 2013.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, JAMES JACKSON; DELGADO, R. C. Water resources use dynamics in watersheds of ribeirão Entre Ribeiros and rio Preto, tributaries of the Paracatu river. **Boletim de Ciências Geodésicas (Impresso)**, v. 17, p. 35-46, 2012.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, E. C.; SILVA JUNIOR, A. G.; GRIFFITH, JAMES JACKSON; DELGADO, R. C. Uso da modelagem para avaliação do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas em cenários de mudanças climáticas: o caso do ribeirão Entre Ribeiros, afluente do rio Paracatu. **Diário Oficial da União. Seção 3 (Online)**, v. 3, p. 234-245, 2010.

SOUZA, M. N.; MANTOVANI, EVERARDO CHARTUNI; GRIFFITH, JAMES JACKSON; SILVA JUNIOR, A. G.; DELGADO, R. C. Avaliação do comportamento hidrológico na bacia do ribeirão Entre Ribeiros em cenário de mudança climática com o uso do software STELLA. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 18, p. 45-49, 2009.

SOUZA, M. N.; MARTINS, S. V. Cultivo do palmitero-juçara. **Revista DAE**, v. 182, p. 13-23, 2010.

SOUZA, M. N.; MATA, J. A. P.; MARTINS, M. C. Paisagismo urbano e recuperação de áreas degradadas. **ESPECIALIZE**, v. 1, p. 1-16, 2014.

SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, R. F.; SILVA, M. A. A.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M. Uso da modelagem como ferramenta de gestão de ecossistemas aquáticos: o caso do rio Preto, afluente do rio Paracatu. **Revista Eletrônica do IBEAS**, v. 4, p. 57-65, 2010.

SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, MARIA A. A. da S. S.; ORELLANA GONZÁLEZ, A. M. G.; SANCHEZ ROMAN, R. M. Uso da modelagem como ferramenta de gestão de como ferramenta de gestão de ecossistemas aquáticos:

o caso do rio preto, afluente do rio Paracatu. **Revista Eletrônica do IBEAS**, v. 1, p. 58-65, 2011.

SOUZA, M. N.; PETRA, G. **Tratamento e disposição de resíduos sólidos e líquidos**. Brasília: MEC/SETEC, 2010. 234 p.

SOUZA, M. N.; SANTOS, A. P.; BERDAGUE, C. S.; VILARINHO, E. S.; FINGER, F. A.; TIRADENTES, L.; FERNANDES, L. S.; ROSADO, V. B. **Estudo comparativo da sistemática de licenciamento ambiental**: Estado de Minas gerais, Estado da Bahia, México e Portugal. Trabalho apresentado à disciplina ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais. Departamento de Engenharia Florestal. UFV, 2002. 234 p.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. A superpopulação, o modelo de crescimento e a importância da consciência ambiental. **Revista da Academia Brasileira de Direito Constitucional**, v. 456, p. 1-4, 2009.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. A tecnologia, o consumismo e seus impactos ambientais In: **GEOGRAFIA**: 8º ano, 7ª série: ensino fundamental. 1ª ed. Belo Horizonte: Editora Educacional, 2010, v. 1, p. 50-52.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. Degradação socioambiental: opulência, miséria e perspectivas. **APMP Revista**, v. 13, p. 55-57, 2008.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. Desafios da construção civil: sustentabilidade e responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Impresso)**, v. 67, p.34-37, 2012.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. Superpopulação, modelo de crescimento e consciência ambiental. **Instituto Águas Serra da Bodoquenha**, v. 3949, p. 1-5, 2009.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. Sustentabilidade das Organizações: gestão ética e sustentabilidade social. **Revista Competência**, v. 59, p. 12-13, 2011.

SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. A. Transposição das águas do São Francisco. **Jornal do Biólogo**, v. 40, p. 40-45, 2008.

SOUZA, M. N.; SOUZA, M. A. A. da S. S. Degradação socioambiental. **APMP Revista**, v. 11, p. 55-57, 2008.

SOUZA, M. N.; SOUZA, M. A. A. da S. S. Spring and dams of the IFET MG SOUTHEAST - CAMPUS RIO POMBA: a space to promote environmental. **International Journal of Sociology of Agriculture and Food**, v. 20, p. 127-146, 2012.

SOUZA, M. N.; SOUZA, M. A. A. S. Spring and dams of the IFET MG SOUTHEAST - CAMPUS RIO POMBA: a space to promote environmental. **International Journal of Sociology of Agriculture and Food**, v. 20, p. 127-146, 2012.

SOUZA, M. N.; VIEIRA, M. F. A. Barraginhas: pela revitalização do Ribeirão Ubá. **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, v. 1345, p. 1-6, 2009.

SOUZA, N. F. O direito e o meio ambiente: a necessidade de surgimento do direito ambiental. Belém, PA: **Lato & Sensu**, 2001. v. 2.

SWIOKLO, M. T. Legislação florestal: evolução e avaliação. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, SP: [S. n.], 1990. v. 1, p. 53-58.

VEIGA, J. E. da. Agricultura. In: TRIGUEIRO, A. (Coord.). **Meio Ambiente no Século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, 2003. p. 199-215.

CAPÍTULO 2

Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural

Roney José Monteiro, Kimberly Pinheiro de Oliveira, Geisa Corrêa Louback, Aline Marchiori Crespo, Igor Borges Peron, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2>

Resumo

É imperioso se refletir sobre a atual conjuntura de produção adotada pelos países em desenvolvimento no que tange aos meios de produção da agropecuária. Isso porque o avanço tecnológico, o crescimento desordenado da população e a grande demanda por alimentos intensificaram o consumo dos recursos naturais nas últimas décadas, em especial da água e do solo por meio da agricultura convencional. Conhecer e utilizar ferramentas que possam melhorar os processos produtivos e reduzir os efeitos das atividades agropecuárias é fundamental para o sucesso e longevidade de qualquer atividade, independentemente dos inúmeros desafios que devem ser superados no mercado competitivo atual. Tecnologias como a Integração de Lavoura Pecuária e Florestas-ILPF, a construção de bacias de captação de enxurradas e caixas secas, manejo adequado de pastagens são ferramentas estratégicas, fundamentais a preservação dos recursos naturais, solo e água. Regiões como o semiárido brasileiro já utilizam parte dessas tecnologias para enfrentamento da escassez hídrica; com êxito, tem multiplicado e ampliado suas experiências às regiões circunvizinhas, diante de sua múltipla eficiência às famílias envolvidas, garantido a sobrevivência e sustentabilidade, mesmo em situações adversas.

Palavras-chave: *Hotspots*. Ecoeficiência. Sistemas Agrossilvipastoris. Mitigação. Ecossistemas de pauperados.

1. Introdução

Diante da atual escassez dos recursos hídricos, há que se pensar e repensar os atuais modelos de produção e uso das fontes naturais. Desde o início da “Revolução Verde” iniciada no Brasil nos anos da década de 1970, os ecossistemas diversos, vêm sofrendo com as constantes intervenções, sem uma adequada avaliação das sequelas decorrentes das ações antrópicas, impulsionado por um padrão de produção industrial que se utiliza principalmente do modelo convencional e de uma sociedade de consumo esbanjador.

O sistema de manejo convencional ou agroquímico é definido como aquele que se utiliza em suas práticas agropecuárias intensa e excessivamente o solo, feita em larga escala e com motomecanização, que prioriza a produção de monoculturas e o constante uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (ROSSET et al., 2014; SOUZA, 2021).

Quando mal manejadas, as práticas convencionais trazem riscos ao meio ambiente, como o aumento do desmatamento, mudanças nos ciclos do carbono e da água, erosão, perda da biodiversidade terrestre, degradação do solo: por consequência, declínio na produtividade agropecuária que põe em risco a segurança alimentar da população mundial (GARDI et al., 2015; PRIMAVESI; 2025; 2016; BENAZZI; LEITE, 2021; SOUZA, 2022).

A disponibilidade hídrica é um fator primordial para o desenvolvimento da humanidade. Presente de diversas formas na vida cotidiana, a água é o recurso natural mais abundante e necessário disponibilizado pela natureza. Na agropecuária, em especial, a água é indispensável para manutenção e produção de toda a cadeia produtiva.

Outro recurso natural que merece destaque e é responsável por alimentar a maioria das espécies existentes em nosso planeta é o solo: abriga uma gama de biodiversidade e regula o ciclo hidrológico, entre outras funções essenciais. Sua estrutura de compostos básicos e fertilidade permite a produção agrícola, atividade esta que é exercida por Agricultores Familiares, que tem em sua força de trabalho a mão de obra mantida por membros da família.

Entretanto, em um estudo inédito realizado pelas Organizações das Nações Unidas para Alimentação (FAO), juntamente com EMBRAPA SOLOS, elaboraram um grupo de 600 pesquisadores de 60 países, para avaliarem as condições ambientais dos solos, onde demonstrou que mais de 33% dos solos

do planeta estão degradados. Classificando ainda o setor agropecuário, o grande responsável pela depreciação dos solos e o vilão do consumo de água. Portanto, as ações de proteção do solo são fundamentais para mitigar os impactos ambientais no meio rural (EMBRAPA, 2015).

Mediante tal situação, a presente pesquisa examina quais técnicas podem ser utilizadas para atenuar os impactos antrópicos sobre a biodiversidade nas atividades agropecuárias. Tem por objetivo geral evidenciar o estado de degradação dos solos nos ecossistemas agropecuários e apresentar tecnologias capazes de minimizar os impactos negativos da atividade.

Como objetivos específicos:

- ✓ Realizar a Identificação do histórico sobre as atividades agropecuárias no Brasil;
- ✓ Elencar o índice de degradação ambiental dos solos brasileiros a fim de apontar as causas que levaram a atual conjuntura; e
- ✓ Evidenciar ações alternativas capazes de fazer uma nova reflexão sobre o prisma das atividades agropecuárias, maximizando o uso dos recursos naturais.

A presente revisão busca oferecer uma visão holística sobre as ferramentas capazes de auxiliar produtores rurais, pecuaristas, comunidades tradicionais e moradores de áreas rurais a se tornarem mais perceptíveis, trazendo consigo uma caracterização mais harmoniosa nas relações entre si, com o meio orgânico ou inorgânico no qual vivem.

Como metodologia, a pesquisa possui caráter exploratório, possuindo a revisão bibliográfica deste assunto, dando-se, por meio do levantamento de inúmeras informações encontradas em artigos científicos, simpósios e periódicos publicados pelos mais respeitados conhecedores das áreas de pesquisas de solos do Brasil: “EMBRAPA”, Universidades e Institutos Federais.

2. Atividades agropecuárias no Brasil

Nos últimos anos, atravessa-se uma crise hídrica sem precedentes no Sudeste brasileiro. A população urbana dos grandes centros sofre com a redução drástica da oferta de água, colocando em risco este componente chave para a qualidade de vida. Por sua vez, a população rural também sofre o impacto gradativo desse quadro de estresse hídrico, podendo impulsionar ainda mais o

êxodo rural. A história do Brasil e do mundo mostra que severas secas provocaram o abandono do campo. Como ocorreu no Nordeste, conforme explica Alcântara Silva (2012), as secas, desde 1903, levaram milhões de nordestinos a deixarem a zona rural.

A modalidade de exploração exercida na criação de bovinos no país é o regime de pastagens: “alimentação base da pecuária nacional”. Faz-se observar uma elevada perda de fertilidade dessas áreas, em virtude da ausência de um manejo adequado dos pastos que levam a compactação da camada superficial do solo e exposição do mesmo a gotas das chuvas levando a processos erosivos. Contudo, com o advento do desenvolvimento de práticas como os Sistemas Silvopastoris e técnicas conservacionistas tais como os terraços, curvas de nível, bacias de captação de enxurradas e cochinhos, estabelece-se uma nova concepção da agropecuária no combate a degradação de solos.

O fato é que o *Homo Sapiens* possui como gênese de sua sobrevivência a exploração dos recursos naturais para produção de minerais e proteínas. Ao longo da história, com o crescimento populacional, houve a necessidade de busca por novas áreas de cultivo, necessárias à ampliação do espaço agrário. Desde a colonização do Brasil, as atividades rurais são detentoras da produção de grãos, vegetais, proteína animal e também, gerador de inúmeros impactos ambientais: tudo para alimentar o crescimento populacional.

Os recursos naturais, como água e solo, são para o homem matérias-primas, dentre outros aspectos, indispensáveis de proporcionarem o seu desenvolvimento. Com a modernização do setor agropecuário brasileiro, nos anos da década de 1970, foram postas em prática ferramentas externas, de modo a expandir e potencializar novas áreas para o atendimento das demandas do mercado internacional. Portanto, tornava-se imperioso produzir, mesmo porque se tratava de uma forte política de governo, por meio de subsídios àqueles interessados (SILVA et al., 2013):

Dentre outros aspectos, o século 20 foi caracterizado pela busca de alternativas na atividade primária, que proporcionassem a máxima eficiência dos meios de produção, de tal forma que a Lei de Malthus pudesse ser subvertida e a quantidade de alimentos disponíveis crescesse numa proporção maior do que o aumento da população. Certamente, tais esforços deram resultado: dentre outras iniciativas, a Revolução Verde permitiu um substancial aumento na oferta

de alimentos e outros produtos derivados da agropecuária (GEBER; PALHARES, 2007).

Para Silva (2013), a multiplicação das atividades no meio rural, resulta de um processo de atendimento das distintas demandas, nichos de mercado ou de uma diferenciação dos mercados tradicionais. Agregam serviços às cadeias produtivas agroindustriais, para a emergência de pequenos e grandes empreendimentos entre o produtor rural e o consumidor.

No entanto, com a antropização dos meios naturais, sob nenhum tipo de controle dos consequentes impactos, a temática ambiental passou a ganhar importância nas discussões mundiais (PINTO, 2014).

O relatório GLASOD apresentou uma visão pessimista do futuro, concluindo que os solos do planeta estão sendo erodidos, tornando-se estéreis, ou contaminados com tóxicos químicos, a uma taxa que não pode ser sustentada [...] face a exteriorização das propriedades físicas e químicas, de maneira que o solo deixa de ser produtivo (GUERRA, 2014).

Portanto, organismos internacionais se viram em alerta, diante do perplexo estado de deterioração sofrido por essa fonte de produção de alimentos e o desequilíbrio do planeta.

2.1. Chegada e expansão da soja no cerrado

O histórico de uso e ocupação humana do bioma Cerrado se desenha desde o século XVI, com as capturas de índios para utilização nas fábricas de açúcar no Nordeste e pela procura de pedras e metais preciosos. Inúmeros foram os períodos áureos e cíclicos das atividades econômicas no cerrado brasileiro, perpassando pela pecuária extensiva, a mineração até seu declínio nos anos da década de 1950 (SANTOS et al., 2009).

Em 1965, viveu-se um período de euforia no setor agrícola, subsidiado pelas aberturas de crédito, acessibilidade de mercados e aquisição de insumos agrícolas, máquinas, implementos e defensivos agrícolas. Embora não houvesse restrições de acesso ao crédito rural, na prática, o sistema favorecia quem oferecesse garantias de atendimento ao pacote tecnológico disponível. Esse pacote incluía, entre outros aspectos, a mecanização e adoção de culturas de exportação, no lugar das culturas tradicionais (WEHRMANN, 1999).

Em 1970 ocorreu a implantação de políticas agrícolas oficiais. Essa modernização foi consequência da “Revolução Verde”, tendo promovido uma explosão no crescimento dos plantios de soja e, conseqüentemente, a expansão dos desmatamentos para novos cultivos (Figura 1).



Figura 1. Cerrado convertido em áreas de cultivo de milho e soja em Caldas Novas, GO. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Para Braga (1998), os programas foram criados pelos Governos cujos objetivos centrais eram elevar a produção agropecuária com o aumento da área plantada em 3,7 milhões de hectares. Portanto, houve maciços investimentos em pavimentações de estradas, rodovias e pesquisas tecnológicas. Sobretudo, a criação da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária-EMBRAPA, que possibilitou a maximização dos solos do cerrado, por meio da correção da baixa fertilidade e alta acidez, proporcionando um novo marco na produtividade nacional.

Porém, os programas possuíam caráter de produção de *commodities* para exportação: portanto, condição que atendia aos grandes produtores. Conseqüentemente, ocorre o esgarçamento da agricultura de pequena escala. Não obstante, o objetivo principal não era a produção de alimentos para a população: era a implantação de negócios rentáveis. Entretanto, a agricultura moderna não eliminou outras formas de produção, de tal maneira que

conviveram na região os agricultores capitalizados e aqueles descapitalizados: estes, cada vez mais debilitados (FARIA, 1998).

O bioma Cerrado, com suas características exóticas, possui em sua extensão onze Estados e o Distrito Federal. É o segundo maior bioma do Brasil, depois da Amazônia (IBGE, 2019). Entretanto, o Cerrado é um dos 34 *hotspots* mundiais e a savana mais ameaçada do Planeta. Estima-se a perda de pelo menos 55% da cobertura vegetal nativa.

De acordo com Ganem (2008), sobre a ótica de uma perspectiva agrícola, o Cerrado se descortina numa dilapidação acelerada, seguindo os mesmos princípios e objetivos que nortearam os ciclos da história econômica do Brasil.

2.2. Contextualização da bovinocultura no Brasil

A criação do bovino no Brasil é a atividade econômica que ocupa a maior extensão de terras no país. Segundo o censo agropecuário de 2006, do IBGE (2007), as áreas de pastagens ocupam aproximadamente 172 milhões de hectares, enquanto as destinadas à lavoura se encontram em torno de 77 milhões de hectares. Nos anos da década de 1990 ao ano de 2007, a produção de carne bovina saltou de 4,1 milhões de toneladas para 9 milhões. De acordo com dados de o portal Agro Saber, a produção de carne no Brasil em 2021 correspondeu a 17% do volume total produzido no mundo: cerca de 10,4 milhões de toneladas. Esta exponencialidade⁴ permitiu que o país se tornasse o maior exportador de carne bovina do mundo (SCHLESINGER, 2009; AGRO SABER, 2022).

Depois da segunda guerra mundial, vieram para o país frigoríficos estrangeiros, exercendo o domínio dessa *commodity* nas exportações. Passaram a atuar não somente na industrialização, mas também na criação de animais. Contudo, milhares de hectares de terras foram adquiridos por essas multinacionais. Para Schlesinger (2009), a pecuária bovina se tornou uma ótima alternativa com o declínio da fertilidade dos solos.

Segundo esse mesmo autor, contudo, a extensão das pastagens representa uma substituição da agricultura pela pecuária e revela a decadência das atividades agrícolas nas zonas de exploração mais antigas (Figura 2). Esgotada

⁴ Termo utilizado para definir a velocidade ultra acelerada com que as tecnologias têm evoluído nas últimas décadas e o efeito que causam na sociedade.

a fertilidade natural do solo, estas conseguem com a pecuária manter um resto de vitalidade econômica. Para Souza (2021), por não exigir mão de obra numerosa, como a agricultura, satisfazendo-se com um custeio reduzido e com solos de baixa fertilidade e exauridos, de fácil instalação, a pecuária representa uma atividade de substituição “ideal” das terras degradadas e erodidas, onde os rendimentos agrícolas se tornaram excessivamente baixos.



Figura 2. Antiga área de cultivo substituída por pastagens, Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2009).

No mesmo período, a Amazônia passou a também ser vista como uma solução para o alívio de tensões internas, no que se refere aos emigrantes expulsos do Sudeste e do Nordeste, pela modernização da agricultura daquelas regiões. Para tanto, agentes financeiros forneciam pesados subsídios a grupos econômicos nacionais e internacionais. Com isso, os índices de desmatamentos e queimadas avançavam sobre o bioma amazônico.

Com efetividade dos Programas dos governos militares, os estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia e Tocantins, passaram a responder por 71% do rebanho nacional, segundo dados do IBGE (2007). A Figura 3 representa o nítido crescimento do uso das pastagens em 14 milhões de ha em quinze anos (de 1970, com o início da Revolução Verde, a 1985). Contudo, viu-se um permanente crescimento nas áreas de cultivo agrícola e atividades pecuárias, a partir dos incentivos governamentais ao longo dos trinta e seis anos de estudos analisados.

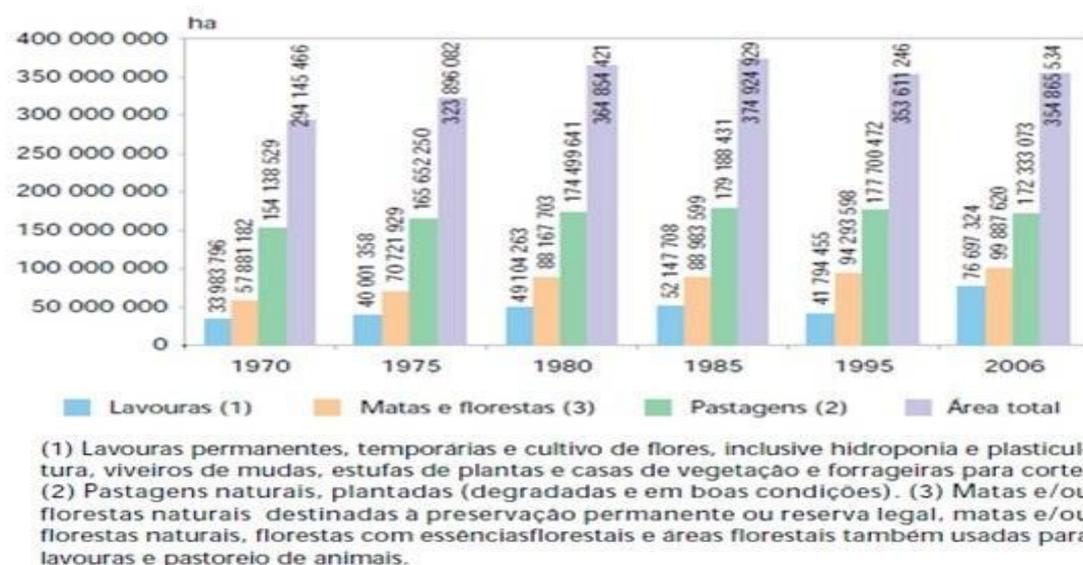


Figura 3. Utilização das terras. Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (1970/2006).

O crescimento da população mundial vem impactando os sistemas de produção de alimentos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a perspectiva é que a população do planeta chegue a 9,6 bilhões de pessoas em 2050. Como consequência, a demanda por alimentos deve aumentar em pelo menos 70%. Especificamente, com relação à pecuária, será necessária a produção de 200 milhões de toneladas de carne por ano, com expectativa de crescimento da demanda de carne bovina na ordem de 47%.

A Figura 4 representa uma vertiginosa evolução do número de ruminantes, em três estados do bioma Amazônico: Rondônia, Mato Grosso e Pará.

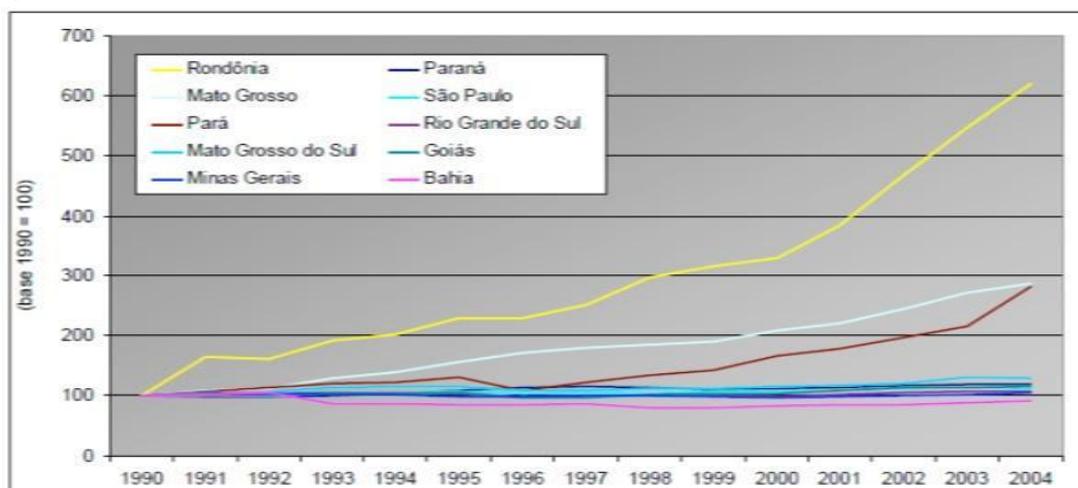


Figura 4. Evolução do rebanho de bovino no período de 1990 a 2004 nos 10 maiores Estados. Fonte: IBGE, PPM (Censo Agropecuário 1970/2006).

3. Índices de degradabilidade dos solos brasileiros

A extinção de vastas áreas de vegetação nativa se deve aos modos de uso e ocupação do solo. O processo de desmatamento foi intensificado para dar espaço a monocultura de café a pleno sol, por exemplo, sendo esse sistema de manejo o mais empregado até os dias atuais. Contudo, a monocultura pode acelerar o processo erosivo, provocar a exaustão do solo e ocasionar o esgotamento de seus nutrientes, reduzindo a produtividade agrícola (GONÇALVES et al., 2019; SOUZA et al., 2020).

De acordo com Guimarães et al. (2014), em lavouras cafeeiras, esse tipo de manejo é caracterizado pelo baixo aporte de resíduos orgânicos no solo, ausência de sombreamento e dependência de insumos externos, que causam impactos adversos na qualidade do solo.

Neste cenário, a agricultura de base agroecológica tem ganhado espaço nas pequenas propriedades do Espírito Santo, principalmente por aumentar a fertilidade do solo e manter a sustentabilidade das lavouras de café ao longo dos anos (LARIOS-GONZÁLESM, 2014).

No Brasil, segundo Young (2002), são três os principais biomas que sofrem pressões de desmatamento: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. Podem se destacar alguns fatores comuns que induziram o desflorestamento, tais como “a existência de um excedente estrutural de mão de obra rural, a luta por estender direitos de propriedade da terra, e pressões governamentais para converter florestas em áreas de cultivo ou pastagens”.

De acordo com esse mesmo autor, o bioma da Mata Atlântica atualmente é uma área onde se encontram poucas áreas preservadas: um dos mais ameaçados de todo o planeta. Sua trajetória de desflorestamento tem início no século XVI, com a chegada dos portugueses no país. Nesta data, sua área original cobria cerca de 1,36 milhões de Km².

A área original desse ecossistema correspondia a cerca de 16% do território brasileiro, espalhada por 17 estados das Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Cinco séculos após a chegada dos europeus no território brasileiro, a exuberante floresta foi praticamente devastada: restam aproximadamente 6% da mata original, quase toda já demonstrando um elevado grau de interferência antrópica (Figura 5) (DEAN, 1996).



Figura 5. Trecho de Mata Atlântica na serra da Cantareira pressionada pela cidade. Fonte: Exame.com, 2023.

No espaço ocupado pela floresta nativa estão as grandes cidades, os centros urbanos, além de pastos e áreas agricultáveis: em grandes parcelas, sem uso de práticas conservacionistas ou com manejo inadequado, apresentam baixa produtividade e reduzido valor da produção. A história desse bioma não é uma história natural, que explica a integração entre os seres que habitam a floresta, mas sim uma história que mostra a relação entre sociedade e o meio ambiente.

No que se refere à capacidade de exploração de determinada atividade, caso venha ocorrer de maneira exacerbada, ou seja, superior à capacidade de reposição do ecossistema, implica na necessidade deste modelo de intervenção ser reorganizado para conciliar a preservação ambiental com a capacidade produtiva das regiões (ROSSATO, 2006),
Fica evidenciado, que a degradação ambiental está diretamente relacionada à interação humana com a natureza: a agropecuária tornou-se protagonista, por esse processo de antropização no meio rural (Figura 6).



Figura 6. Fatores determinantes da degradação. Fonte: Pinto, 2014.

Portanto, a degradação ambiental substancialmente emerge como um relevante tema dentro dos estudos de impactos ambientais. Sobretudo, esse fenômeno pode ser definido como a deterioração ao meio natural a partir de atividades humanas geralmente de cunho econômico, intrinsecamente condicionando a modificação dos aspectos e parâmetros anteriormente estabelecidos (LEMOS, 2001; SOUZA, 2022b).

A sistemática que se deu o *modus operandi*, para exploração dos solos no país em busca da elevação da produtividade, concebeu-se com formas de uso do solo completamente arcaicas, sobretudo, ainda utilizadas por um significativo número de agricultores distribuídos por todo o Brasil: embora existam, atualmente, alternativas capazes de manter uma boa produção com a mitigação dos impactos.

Com a necessidade de elevar a produção de proteína animal e vegetal, nas últimas décadas, fizeram-se necessários o uso de novas tecnologias, capazes de alcançar o apogeu produtivo do setor agropecuário: entretanto, estes não possuíam uma perspectiva preservacionista. Portanto, foram essenciais para o declínio biológico, físico e químico dos solos explorados.

Ao se optar pelo uso de determinadas áreas para exploração, a derrubada da vegetação original, o insistente uso do fogo para queima do material lenhoso

e, ou, para renovação das pastagens, compõem o enredo básico da agropecuária exercida no Brasil. O impacto da agropecuária tem relação direta com a intensidade com que ela é praticada.

O uso de fertilizantes é outro aspecto abordado que impacta o meio ambiente e, apesar de proporcionar fertilização em curto prazo para as lavouras, o seu uso intensivo e inadequado provoca o comprometimento da fertilização em longo prazo assim como os agrotóxicos, impactando na saúde humana. Ademais, a irrigação também agrava a degradação, pois pode promover sérios danos à hidrografia, além de promover a lixiviação de fertilizantes, poluindo lagos e rios e ocasionando a erosão de solos (GLIESSMAN, 2005).

Portanto a degradação dos solos é hoje um dos maiores desafios dos países que possuem sua base econômica ancorada na agropecuária: a) inicialmente, a degradação dos solos afeta diretamente a capacidade produtiva dos ecossistemas; b) em seguida, provoca alterações no equilíbrio dos recursos hídricos, além de ocasionarem modificações no ciclo do carbono, nitrogênio, enxofre e outros nutrientes.

Com as alterações adversas nos parâmetros dos nutrientes do solo, como consequência, tem-se o aumento nas taxas de desmatamento e maior pressão sobre as áreas marginais, por sua vez agravando os impactos decorrentes das enxurradas que aceleram a erosão do solo, aumentando a poluição dos cursos d'água.

A Figura 7 apresenta a degradação do solo provocada pelo superpastoreio, desmatamento, práticas agropecuárias incorretas, entre outras atividades antrópicas.

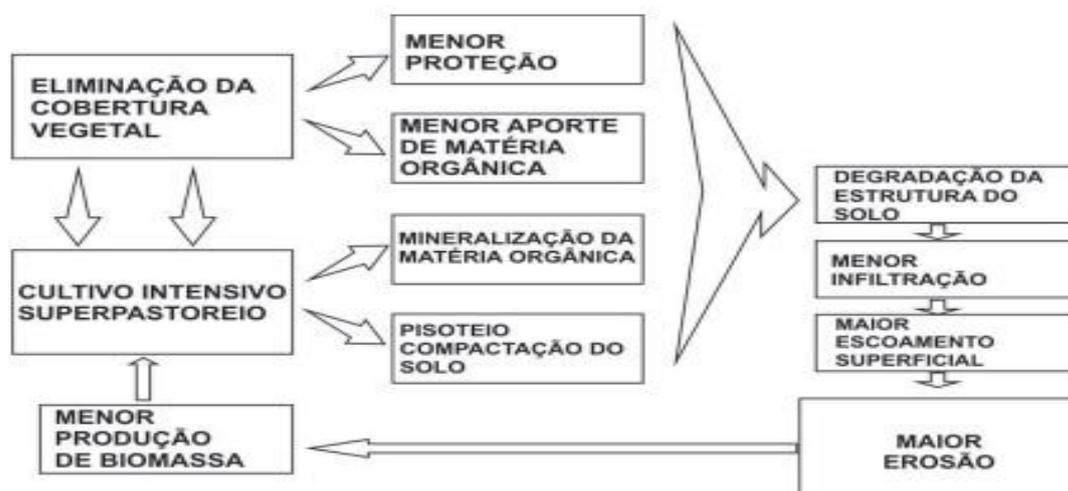


Figura 7. Atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras. Fonte: Guerra et al., 1999.

A relevância que tem sido dada aos processos e impactos ambientais fez com que o campo de pesquisa científica levasse muitos pesquisadores a quantificar, por meio dos Índices de Degradação-ID, os impactos das transformações promovidas ao meio ambiente, procurando identificar as determinantes da degradação ambiental em diversas localidades.

O estudo de Lemos (2001) mostra toda a construção do ID. Objetivou mapear a degradação ambiental dos municípios dos nove estados nordestinos. O autor verificou que mais da metade dos municípios da região convive com uma realidade de taxas superiores a 80% de níveis de degradação, sendo o estado da Bahia o mais degradado. Além disso, estimou que aproximadamente 8 milhões de habitantes da região vivem em áreas afetadas por níveis de degradação superiores a 60%.

O trabalho de Silva e Ribeiro (2004) estimou um ID como uma medida do grau de intensidade da área degradada dos municípios do estado do Acre. Os autores encontraram como resultados índices de degradação de valores baixos, em média de 30,74% para os municípios acreanos, com apenas algumas regiões que foram exceções a esse valor encontrado. Portanto, ficou evidente, na visão dos autores, que o estado do Acre possui um bom estado de conservação ambiental: porém, também há alguns indicadores, em certas regiões, de elevada degradação.

A Figura 8 apresenta o processo de erodibilidade do solo causado pela água.

Ademais, a fim de quantificar o nível de degradação dos municípios mineiros, o estudo de Fernandes, Cunha e Silva (2005) construiu seu índice com foco na área degradada dos municípios. Os principais resultados apontam para um alto índice de degradação médio dos municípios, cerca de 86%, sendo que 40% dos municípios estudados apresentaram ID igual a 1, obtendo, dessa forma, o valor máximo do índice. Para esses mesmos autores, esses resultados

possuem associação com a maneira intensiva e alavancada por fatores econômicos em que o processo de desenvolvimento de Minas Gerais ocorreu.

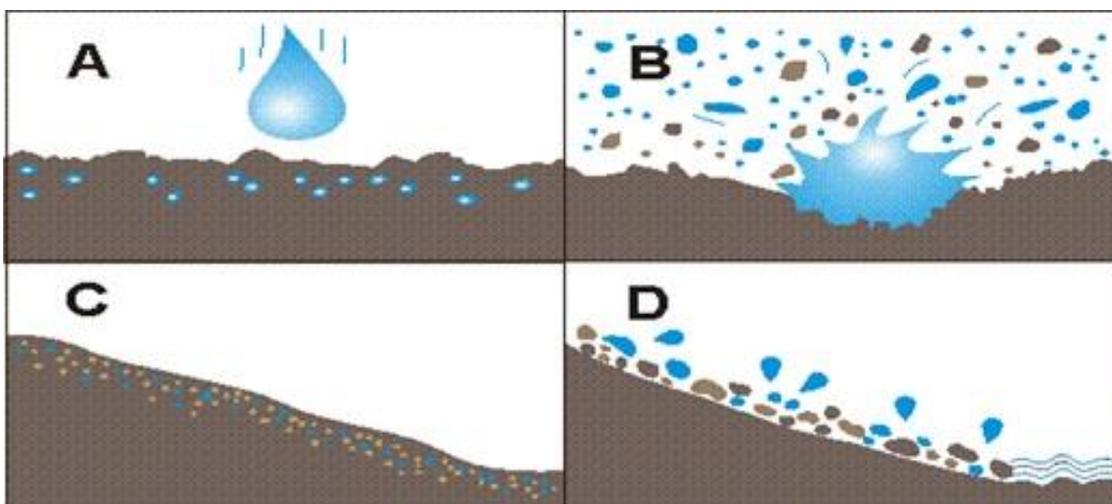


Figura 8. Processo de erosão causado pela água: a) gota de água acelerando e direção solo; b) Impacto da gota sobre o solo descoberto; c) Síntese do desprendimento do solo carregado pela enxurrada e; d) depositado à jusante. Fonte: Revista Plantio Direto, 2009.

4. Práticas alternativas de controle e uso sustentável do solo

As causas e os efeitos biológicos e físicos da erosão são cada vez mais bem conhecidos, assim como os métodos de proteção dos recursos dos solos. No entanto, casos de erosão continuam a ocorrer por todo o mundo e a adoção de práticas conservacionistas ainda continua limitada, bem como a adoção de práticas conservacionistas, tais como: terraceamento, barraginhas e cochinhos, cultivo em curva de nível, adubação verde e aplicação de matéria orgânica, técnicas e práticas possíveis, de baixo custo, possíveis de tornarem as propriedades rurais mais produtivas e sustentáveis (SOUZA, 2022b).

A literatura nacional e internacional tem mostrado, por intermédio de vários exemplos, que muitos países têm conseguido resolver os problemas relacionados a degradação das terras com práticas de conservação dos solos e recuperação de áreas degradadas. (GILL, 1991; CLEAVER; SCHREIBER, 1994; REIJ *et al.*, 1996; KERR, 1998; FULLEN; CATT, 2004; MORGAN, 2005; GUERRA *et al.*, 2009; SOUZA, 2022).

4.1. Bacias de captação de enxurradas

Uma das técnicas usuais que tem recebido destaque nas regiões semiáridas do país, dizem respeito às bacias de captação de enxurradas ou barraginhas: popularmente conhecidas dentre os difusores e beneficiários dessa tecnologia, que possui um caráter social. Vem garantindo a sustentabilidade hídrica das comunidades rurais, além de viabilizarem a perenidade de hortas familiares e até criação de peixes numa região com precipitações médias anuais de 845 mm.

As Figuras 9 e 10 ilustram claramente, a retenção das enxurradas oriundas das chuvas ocorridas (A), e a permeabilização gradual da mesma (B), agora totalmente armazenada nas barraginhas.



A



B

Figuras 9 e 10. Fazendinha Pai José, Araçuaí, MG. Fonte: EMBRAPA, 2013.

Com devido apoio técnico, essas obras são construídas em locais estrategicamente estabelecidos, em formato de uma meia lua. De imediato, as bacias de captação contêm as enxurradas e, sobretudo:

- Os escoamentos superficiais das chuvas são reduzidos;
- Os lençóis subterrâneos são reabastecidos;
- O reabastecimento das cisternas é favorecido; e
- O solo no entorno das barraginhas retém maior umidade.

Outra importante observação com essa prática se refere ao afloramento dos olhos d'água antes exauridas e, conseqüentemente, gradual revitalização das nascentes e perenização dos cursos d'água.

Nas Figuras 11 e 12 mostram o cultivo de hortaliças em uma comunidade rural do Vale do Jequitinhonha, em agosto de 2013: mês mais seco da região.



C



D

Figuras 11 e 12. Córrego Não-me-deixa, Itaobim, MG. Fonte: EMATER-MG, 2020.

Como benefício direto das bacias de contenção, foi possível cultivar verduras e legumes numa região completamente árida, sem chuva a 8 meses; portanto, nos remete a novas perspectivas socioeconômicas no Semiárido Mineiro.

4.2. Sistemas de Integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF)

O sistema desenvolvido é capaz de integrar a criação de bovinos, cultivo de floresta e produção de grãos. Foi criado há cerca de 15 anos no Estado do Paraná. Capitaneado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, se expandiu pelo Brasil dando novos contornos para a agropecuária nacional.

De acordo com Fonseca et al. (2022), os objetivos dos sistemas ILPF são:

- Diversificação das atividades agropecuárias;
- Maior eficiência na utilização dos recursos naturais;
- Uso intensivo das áreas agrícolas, evitando a necessidade de desmatamentos de novas áreas; e
- Recuperação de áreas degradadas.

A ILPF, um Sistema Agrossilvipastoril, agrega os componentes da lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. O componente lavoura pode se restringir (ou não) a fase inicial da implantação do componente florestal.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são sistemas de uso da terra onde atividades agrícolas, pecuárias e silviculturais são combinadas no mesmo espaço e no tempo. O objetivo é aproveitar as interações ecológicas entre as árvores, animais e cultivos agrícolas no sentido de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, proteger o solo, conservar a água, aumentar a ciclagem de nutrientes e proporcionar conforto térmico para os animais. Esta integração proporciona, além da diversificação das atividades, redução de custos e aumento na produtividade e, conseqüentemente, aumento da renda na propriedade. Neste caso, o componente florestal funciona como uma espécie de “poupança verde”, fornecendo produtos tais como: madeira (mourões, lenha, estacas, postes, toras, etc.) e frutos (MÜLLER et al., 2010).

De acordo com esses mesmos autores, as vantagens dos sistemas ILPF são múltiplas, pelo fato dos componentes bióticos e abióticos atuarem em completa sinergia. Torna o uso da terra ambientalmente adequado a partir dos componentes tecnológicos inseridos; ou seja, um meio de produção de proteína e biomassa ecoeficiente. Sobretudo, podem-se destacar os seguintes benefícios:

- Redução na pressão para abertura de novas áreas;
- Diminuição do uso de agroquímicos no controle de pragas e doenças;
- Redução dos riscos de erosão;
- Melhoria da recarga e qualidade da água;
- Aumento da capacidade de biorremediação do solo;
- Reconstrução do paisagismo, possibilitando atividades de agroturismo;
- Maiores vantagens comparativas na inserção das questões ambientais nas discussões e negociações da Organização Mundial do Comércio (OMC).

Para Fonseca et al. (2022), os benefícios dos sistemas ILPF são:

- “Maior eficiência na reciclagem de nutrientes;
- Melhoria na estrutura do solo;

- Aumento na atividade microbiana do solo;
- Sequestro de carbono;
- Mitigação da emissão de gases causadores do efeito estufa;
- Melhoria do bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico;
- Aumento na produtividade animal;
- Diversificação de renda da propriedade rural;
- Estabilidade econômica com redução de riscos e incertezas devido à diversificação da produção;
- Aumento da produção por área;
- Redução da pressão pela abertura de novas áreas com vegetação nativa;
- Otimização do uso de recursos naturais e financeiros;
- Produção de palhada para o Sistema de Plantio Direto SDP;
- Redução do processo de erosão do solo e da evapotranspiração;
- Aumento da infiltração de água no solo; e
- Uso intensivo e sustentável do solo ao longo do ano”.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram objetivamente a inserção dos diversos componentes capazes de contribuir para criação de somatório de dispositivos econômicos, produtivos, bióticos ambientais e, sobretudo, ecológico.



Figuras 13, 14, 15 e 16. Sistemas de ILPF estabelecidos. Fonte: EMBRAPA, 2019.

Em síntese, os sistemas de ILPF representados compõem o uso do eucalipto para produção de madeira, sombreamento para os animais contribuindo diretamente com o conforto térmico dos ruminantes. Retrata, também, a produção de grãos atuando em sinergia com a ciclagem de nutrientes.

4.3. Alternativas acessíveis para o reabastecimento de lençóis subterrâneos

Além das tecnologias apresentadas, outras ferramentas de reconhecida eficiência, podem ser empregadas no meio rural para a redução dos sedimentos provenientes das enxurradas, reabastecimento das nascentes no período de estiagem e auxílio na regularização dos níveis dos mananciais.

Exemplos práticos e eficazes são as construções de terraços, de base estreita ou larga, em nível, nos principais pontos de recargas e nos locais de maior declividade para conter o escoamento superficial.

As caixas secas estabelecidas às margens das estradas vicinais ou em locais onde são possíveis as locações das bacias de captação, também são excelentes opções. São obras fundamentais para a conservação e manutenção de estradas e conservação dos recursos naturais. São ações que visam o controle de enxurradas e favorecem a conservação do solo (Figuras 17 a 21).



Figuras 17 e 18. Curvas de níveis. Fonte: EMATER-MG, 2016.



Figuras 19 e 20. Caixas secas. Fonte: Folha de Vitória, ES, 2017.



Figuras 21 e 22. Caixas secas. Fonte: Portal Mantena, MG, 2019.

4.4. Sistema plantio direto (SPD)

A erosão do solo sempre foi uma grande preocupação na comunidade agrônômica: está frequentemente ligada ao êxito ou fracasso das atividades agropecuárias.

Nos anos da década de 1970 o Brasil era um país importador de alimentos. Nos dias atuais, produzem-se alimentos o suficiente para alimentar parte significativa da população mundial, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). O Brasil saiu de uma produção de aproximadamente 40 milhões de toneladas, em 1970, em uma área de 30 milhões de ha, para cerca de 300 milhões de toneladas, em aproximadamente 75 milhões de ha (EMBRAPA, 2015).

De acordo com esse mesmo autor, esse grande avanço se deve, substancialmente, ao empenho dos produtores e a aplicação de novas tecnologias. Nesse sentido, o SPD que completou 5 décadas de implementação no país em 2022, teve papel decisivo nesse contexto. O idealizador foi o agricultor Herbert Bartz, do Paraná, que implantou em 1972, um sistema de plantio que subvertia completamente a lógica com a qual os produtores estavam habituados: fazer a aração e gradagem do solo antes de cada plantio. Contrariamente, apostou no plantio de forma direta, mantendo a cobertura morta e sem o revolvimento do solo.

No decorrer da história da agricultura, a consciência da preservação do solo se desenvolveu e foram criadas práticas conservacionistas, atingindo sua plenitude com o SPD na palha, o que tem garantido um excelente controle da erosão no solo. Sua utilização é de vital importância para a agricultura moderna. Dessa forma, foi possível mitigar perdas causadas pela degradação do solo, que carrega para os cursos d'água agroquímicos e fertilizantes, constituindo-se uma das principais fontes de poluição de rios e mananciais.

Desde o seu surgimento, a prática do SPD evoluiu substancialmente, por meio da melhoria da eficiência da produção, da baixa dos custos, da restituição da matéria orgânica por meio do carbono (resíduo de palha), da proteção da camada fértil do solo e do auxílio direto na infiltração das águas no solo. Portanto, o SPD é descrito como um modelo de agricultura conservacionista, posto que a palhada protege a superfície do solo contra a radiação solar, a desidratação do solo, contra o impacto das gotas das chuvas, além de favorecer um microclima propício ao desenvolvimento das atividades biológicas. Ou seja, significa no estabelecimento de um sistema resiliente. Assim, o SPD, é uma prática com enorme capilaridade para fixação dos gases do efeito estufa.

Com o estabelecimento da cobertura vegetal, o Carbono (C), que faz parte de todas as cadeias de elementos nas plantas, ocupa entre 35 e 57% na composição da matéria seca; ou seja, na palhada, o C é o elemento de maior volume nos processos físicos, químicos e biológicos da fertilidade do solo. Ademais, ao se realizar um bom manejo do solo, significa realizar a boa gestão do C. Pesquisas evidenciam a necessidade de se adicionar cerca de $7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de palha, para se manterem adequadamente as demandas das atividades

biológicas, físicas e químicas do solo em ambientes de clima tropical, onde se aplicam o SPD (EMBRAPA, 2015; EMATER, 2015; REVISTA CULTIVAR).

Contudo, de acordo com esses mesmos autores, um bom SPD está calcado em quatro práticas fundamentais, sendo elas: O mínimo revolvimento do solo; o estabelecimento da cobertura viva ou morta (palhada para o cultivo); rotação e, ou, sucessão de culturas; e o uso da adubação verde.

Nos sistemas agrícolas de base agroecológica de produção, de acordo com Crespo et al. (2022), é imprescindível a utilização adequada do solo, da água e do ar, reduzindo ao máximo todas as formas de contaminação desses elementos, resultando em incremento da atividade biológica do solo. O SPD se apresenta como uma ferramenta eficiente na conservação do solo e da água (Figura 23).



Figura 23. Plantio direto de milho-verde orgânico sobre diferentes plantas de cobertura de verão. Fonte: Crespo et al. (2022).

Entretanto, de acordo com esses mesmos autores, a impossibilidade de utilização de herbicidas na implantação deste sistema em agricultura orgânica é um dos grandes desafios da atualidade para a pesquisa. Diante deste contexto, apresenta-se como opção para sanar este problema a implantação de rotação de culturas com plantas que apresentem alta produção de matéria vegetal para cobrir o solo, na forma de adubação verde com gramíneas e leguminosas.

Em sua pesquisa, Crespo et al. (2022) verificaram que o sistema orgânico sem palhada e com revolvimento do solo, bem como os sistemas orgânicos com palhada e sem revolvimento do solo utilizando crotalária solteira, milheto solteiro

e consórcio crotalaria/milho, são possíveis de serem utilizados nas condições testadas neste trabalho, mantendo uma boa produtividade do milho em espiga (Figura 24).

Ademais, segundo esses mesmos autores, a utilização da palhada de milho solteiro ou em consórcio com crotalaria, no sistema orgânico sem revolvimento do solo, ocasionou redução do percentual de infestação e da densidade absoluta de plantas espontâneas.



Figura 24. Tratamentos para cultivo do milho sob o SPD. Fonte: Crespo et al., 2022.

4.4.1. Ciclagem de nutrientes

Uma característica importantíssima do SPD, da adubação verde e da ILPF, entre outros, diz respeito à ciclagem de nutrientes proporcionada pelo processo de adição de palhada como cobertura do solo, que posteriormente será degradada pela ação dos microrganismos (Figuras 25 e 26).

Cerca de 90% da palha residual da cultura principal (milho ou soja) são compostos por carbono, hidrogênio e oxigênio: elementos que retornam ao sistema via os ciclos biogeoquímicos. Portanto, são extraídos da atmosfera e a ela retornarão por intermédio da decomposição da MO.



Figura 25. Cultivo do feijão sob a palha. Fonte: Revista Cultivar, 2021.



Figura 26. Semeio em SPD. Fonte: Portal Agriconline, 2021.

É fundamental o uso de plantas leguminosas, por serem indispensáveis no aprofundamento no perfil do solo por meio de um sistema radicular permeante, sendo capazes de promover a estabilidade física, química e biológica.

Importante destacar que o uso de plantas de cobertura beneficia numerosos processos físicos, químicos e biológicos no solo, favorecendo a multifuncionalidade do solo no suporte ao crescimento e desenvolvimento das plantas, regulação dos fluxos hídricos e purificação da água, regulação climática por intermédio da capacidade de sequestro de carbono, ciclagem de nutrientes,

aumento da biodiversidade e regulação de pragas e doenças (CHERUBIN, 2022).

Todavia, segundo esse mesmo autor, a magnitude dos benefícios das plantas de cobertura está condicionada por: condições climáticas, características de cada tipo de solo, indicação e limitação de uso em função das características fitotécnicas das diversas plantas e ambiente de produção. O fato é que não existe uma estratégia isolada para o uso de plantas de cobertura para as diferentes regiões do Brasil. Faz-se imprescindível conhecer as implicações para o manejo que visa a qualidade do solo, específicas para cada planta de cobertura, para maximizar seus benefícios nos sistemas de produção agropecuária.

4.4.2. Adubação verde

A evolução social da coletividade moderna é dependente de forma crescente dos recursos naturais. Contudo, as práticas agropecuárias, em grande parte, degradam o bem fundamental aos agroecossistemas: o solo. Os restos culturais deixados pelas culturas anuais nem sempre estão em quantidade e permanência suficiente para a proteção adequada do solo, que garanta a máxima eficiência do SPD (DIAS; BRIGIDO, 2013).

A prática de rotação de culturas pode beneficiar quem deseja alcançar a máxima capacidade no SPD na palha. Tem-se observado que as gramíneas (Poaceae) são as que produzem resíduos com maior constância; contudo, são das leguminosas (Fabaceae) os resíduos de melhor qualidade e que trazem resultados superiores. Com isso, a adubação verde ou as plantas de cobertura podem ser manejadas para proporcionar melhores resultados (Figura 27).

Naturalmente, os adubos verdes têm um papel de destaque como condicionadores do solo, fornecendo nutrientes, como o N. Por exemplo, o feijão guandu e a crotalária, também exerce o controle de nematoides. As leguminosas minimizam o aparecimento de pragas e doenças, contribuem para o aumento da biodiversidade e quebra do ciclo de proliferação de organismos, além de prevenir o surgimento de plantas espontâneas. Por conseguinte, propicia a maximização dos benefícios proporcionados pelos adubos minerais, promovendo a redução dos processos e impactos ambientais, bem como dos custos de produção (SOUSA et al., 2008).

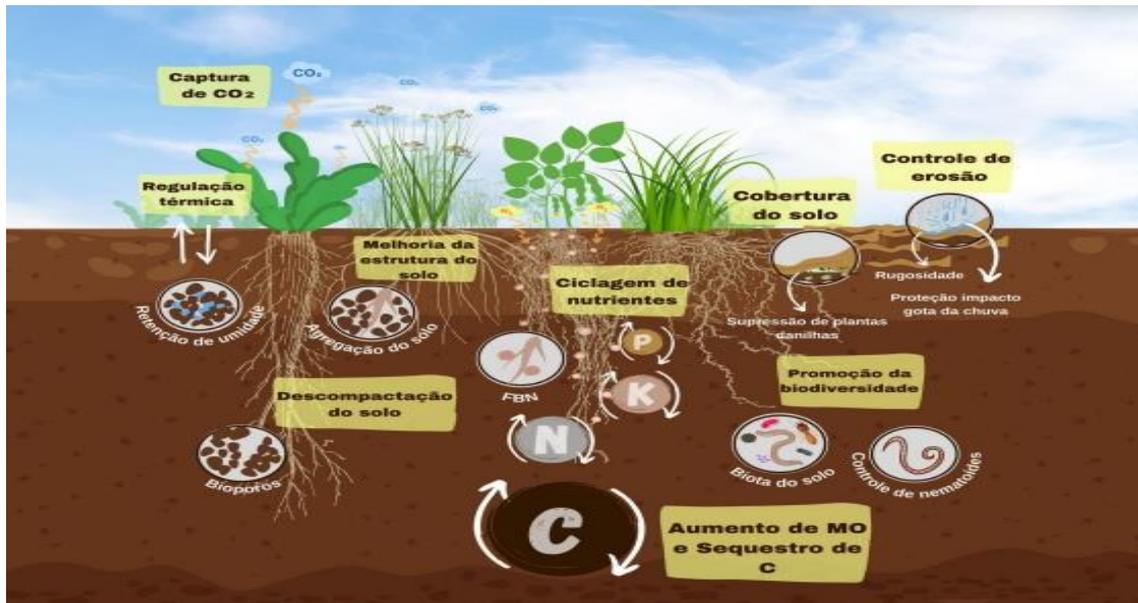


Figura 27. Benefícios ao funcionamento do solo fornecidos pela utilização de plantas de cobertura. Fonte: CHERUBIN, 2022. Diagrama: Bruna E. Schiebelbein.

Com relação à atividade biológica do solo, de forma bastante expressiva, é favorecida pelo contínuo aporte de biomassa proveniente das plantas de cobertura. Os efeitos ocorrem no aumento da abundância e diversidade da macrofauna, bem como no aumento da biomassa microbiana. O aumento na população de minhocas melhora as propriedades biofísicas e a fertilidade do solo nos ambientes de produção (CHERUBIN, 2022).

De acordo com esse mesmo autor, também ocorre aumento de muitas reações bioquímicas por meio da liberação de enzimas por bactérias, fungos micorrízicos arbusculares e nematoides benéficos ao solo, que favorecem a decomposição de resíduos vegetais, fixação biológica de nutrientes, ciclagem de nutrientes e disponibilização de nutrientes na forma inorgânica para o crescimento das plantas, além da supressão de fitonematoides patogênicos. Porém, como absolutamente em nenhum processo agrossistêmico idealizado o resultado é imediatamente explícito, o SPD traz consigo algumas etapas que precisam ser cumpridas para o alcance da consolidação do sistema

conservacionista e possa proporcionar os benefícios que se esperam. Após décadas de pesquisas, já se sabe que é necessário um período em torno de dez anos, para que o sistema consiga expressar seu pleno potencial produtivo (Figura 28).

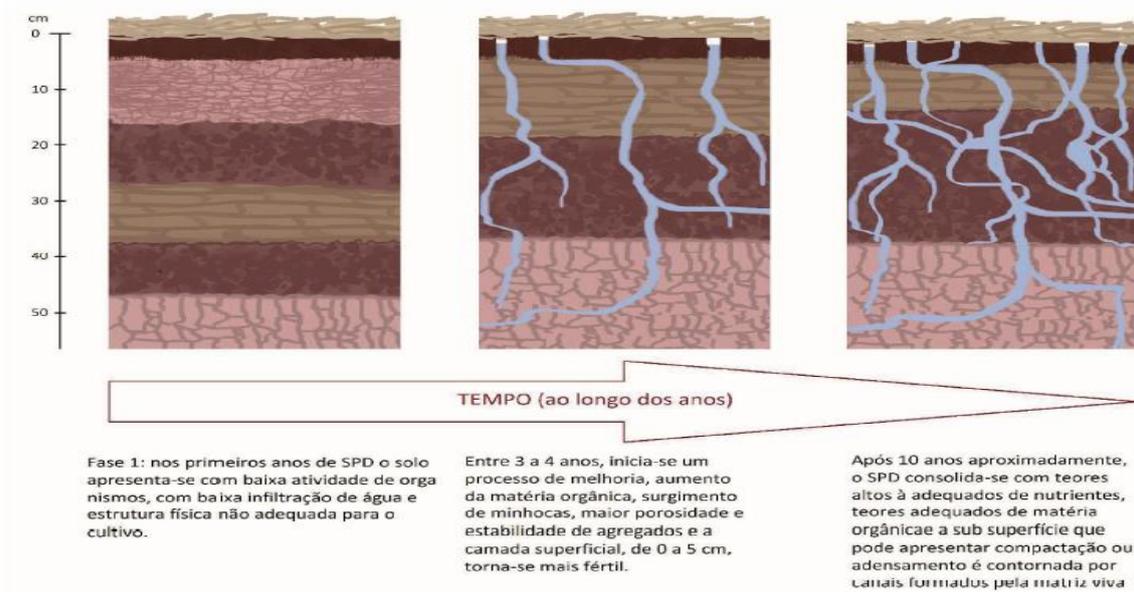


Figura 28. Fases do SPD: da implantação à consolidação do sistema. Fonte: EMBRAPA, 2021.

Conforme Passos, Alvarenga e Santos (2018):

[...] no Brasil tem sido nos últimos anos a soja, vindo posteriormente uma cultura geradora de palhada, geralmente semeada em sucessão. Essa cultura tem sido primordialmente o milho nas condições de cerrado, no centro sul do Brasil, mas não se restringe a ela. Como exemplo temos o cultivo da soja e do milheto (antes ou após a soja), soja precedida do milho safrinha, soja e trigo, soja e aveia e/ou azevém e/ou centeio no sul do Brasil, soja seguida ou precedida de pastagem e outras modalidades. É importante frisar, que a sucessão e rotação de uma leguminosa, como a soja, com gramíneas (poáceas, por exemplo, milho) são sempre desejadas, visando aumentar a sinergia entre essas famílias de plantas e diminuir a pressão de doenças e pragas, além de aumentar a eficiência do uso da terra e dessa forma intensificar sua exploração aumentando a renda do produtor.

Algumas leguminosas merecem ênfase, como a crotalária (*Crotalaria spectabilis*). É uma leguminosa anual de primavera-verão com origem na América do Sul e do Norte, sendo conhecida popularmente como guizo-de-cascavel e chocalho-de-cascavel. Dentre as demais leguminosas, ela se destaca pela eficiência na redução da população de nematoides, principalmente os nematoides de galhas, cistos e o das lesões radiculares (CHERUBIN, 2022).

Além disso, segundo esse mesmo autor, possui alta produção de massa verde e excelente capacidade de fixação biológica de N. Pode ser utilizada nas entrelinhas de culturas perenes, por possuir porte médio e, conseqüentemente, não irá prejudicar o trânsito de máquinas ou pessoas. Para reduzir a população de nematoides em lavouras comerciais, essa espécie é a mais utilizada no consórcio, principalmente durante a segunda safra, com o milho (Figuras 29 e 30).



Figuras 29 e 30. Milho semeado em palhada de *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã em SPD. Fonte: Alexandre Abdão, 2018.

5. Considerações finais

A ampliação de processos de degradação do solo e o declínio da produtividade agropecuária são alguns dos problemas ocasionados pelo uso intensivo do solo. Neste contexto, práticas conservacionistas, que buscam a produção de alimentos de forma mais sustentável, vêm sendo pesquisadas a fim de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produção de alimentos.

O presente trabalho teve como ponto crucial o agrupamento de tecnologias disponíveis nos campos científicos e fontes de pesquisas confiáveis aos defensores da causa ambiental, interessados nas temáticas relacionadas à conservação do solo e aos produtores rurais. Foram apresentadas ferramentas que auxiliam na mitigação dos processos e impactos negativos no meio rural e, sobretudo, de promoção de uma simbiose entre os campos de produção e a sustentabilidade.

Não obstante, a busca pela maximização dos recursos disponíveis se torna cada vez mais necessária, quando se deseja maior eficiência socioambiental e econômica. Os índices de degradabilidade dos solos no Brasil se somam às perdas nas mais diversas *performances*, tanto causando diminuição direta da fertilidade e de sua capacidade produtiva, quanto pela degradação provocada por práticas inadequadas de manejo, ou por sua ausência, que aceleram o escoamento superficial via enxurrada, reduzindo a infiltração de água e a recarga dos lençóis.

Práticas de manejo agroecológico do solo que favorecem a ciclagem de nutrientes, como a rotação de culturas, o SPD, a adubação verde, a ILPF e os sistemas agroflorestais, são algumas das alternativas empregadas quando o objetivo é recuperar a qualidade do solo por meio da sua correta utilização.

O solo deve ser entendido como um sistema aberto, vivo e dinâmico. Desta forma, é fundamental que se escolham um sistema de manejo que use corretamente os recursos naturais, garantindo a produtividade agropecuária ao longo dos anos. Portanto, a avaliação da sua qualidade é um aspecto de grande importância na compreensão dos limites e da capacidade de uso de cada tipo de solo. Além da produtividade, também se deve considerar a qualidade ambiental, a sustentabilidade agronômica e a viabilidade socioeconômica do sistema de plantio.

Ao se conhecer o uso de mecanismos que sejam razoavelmente aplicados no controle dos processos, impactos e externalidades ambientais no meio rural, é decisivo que se busquem arranjos governamentais, privados e sociais que integrem uma corrente definitivamente sensibilizadora. Devem ser trabalhadas na convergência de se instruírem os proprietários rurais sobre a importância socioambiental e econômica da preservação dos recursos naturais que compõem um dado agroecossistema.

6. Referências bibliográficas

ALFREDO CHAVES. PREFEITURA MUNICIPAL DE ALFREDO CHAVES. (Ed.). **Construção de caixas secas em Alfredo Chaves reduz impacto das chuvas**. 2017. Disponível em: <https://www.alfredochaves.es.gov.br/detalhe-da-materia/info/construcao-de-caixas-secas-em-alfredo-chaves-reduz-impacto-das-chuvas/79419>. Acesso em: 19 nov. 2022.

BALBINO, L. C.; BARCELOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 1. ed. Embrapa-DF: 2011. 127 p.

BARROS, L. C. de; TAVARES, V. de S; BARROS, I. R; RIBEIRO, P. E de A. **II Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável: Integração das Tecnologias Sociais Barraginhas e Lago de Múltiplo Uso**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 23 a 26 setembro de 2010.

BENAZZI, E.; LEITE, L. F. C. Retrospectiva, caracterização e conservação do solo na região Nordeste do Brasil. In: SOUZA, H. A.; LEITE, L. F.; MEDEIROS, J. C. (Eds.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília: EMBRAPA, p. 25-54, 2021.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G. de; DUARTE, G. de S.; CAREPA-SOUZA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n.3, p. 11-33, 2004.

CHAUL, N. F. Marchas para o oeste. In: SILVA, L. S. D. da. (Org). **Relações Cidade-Campo: Fronteiras**. Goiânia (GO): Ed. da UFG, 2000.

CHERUBIN, M. R. (Org.). **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2022. 126 p. ISBN: 978-65-89722-15-1. DOI: 10.11606/9786589722151.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de; GONÇALVES, D. da C. The green corn development and yield on different summer soil covering plants in the organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) Peer-Reviewed Journal**. ISSN: 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O). v. 9, n. 3, p. 217-225, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.93.27>.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras.1996

DIAS, N. A.; BRÍGIDO, A. C. M. **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 292 p. 2013.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - MG (Org.). **Sistema Plantio direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para o agro**. 2022. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-maior-produtividade-e-sustentabilidade>

para-agro/?flagweb=novosite_pagina_in_terna_noticia&id=26936. Acesso em: 02 dez. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorio-da-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>. 2015. Acesso em: 27 mar. 2023.

FARIA, M. E. de. **Agricultura moderna: cerrados e meio ambiente.** In: DUARTE, M. L. G.; BRAGA, M. L. de S. (Org.) *Tristes cerrados: sociedade e biodiversidade.* Brasília: Paralelo 5. 1998. p. 147-168.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. da S.; SILVA, R. G. da. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.

FOLADORI, G. **Capitalismo e a crise ambiental.** 31 Raíces, Ano XVIII, n. 19, 1999.

FOLHA VITÓRIA. **Produtores rurais de Cachoeiro recebem apoio para reter e armazenar água.** Vitória: Folha Vitória, 23 mar. 2017. Disponível em: <https://www.folhavoria.com.br/geral/noticia/03/2017/produtores-rurais-de-cachoeiro-recebem-apoio-para-reter-e-armazenar-agua>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. de A. **Ocupação humana e impactos ambientais no bioma cerrado: dos bandeirantes a política.** Brasília, 2008.

GARDI, C.; PANAGOS, P.; LIEDEKERKE, M. V.; BOSCO, C.; BROGNIEZ, D. de. Land take and food security: assessment of land take on the agricultural production in Europe. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 58, n. 5, p. 898-912, 2015.

GASSEN, D. Adubação verde e o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 116, p. 32-38, 2010. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.plantiodireto.com.br/storage/files/9.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. **Gestão territorial e desenvolvimento rural sustentável.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília- DF. 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GONÇALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **Revista Univap**, v. 1, p. 342-357, 2019.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. de O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL. 2014.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 307 p.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. D. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2019. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45).

FONSECA, R. da S.; SANTOS, L. G. dos; BENTO DE MELLO, B. L.; MÜLLER, M. D.; CASTRO, T. F. de; MACHADO, L. V.; SOBREIRA, R. R.; MARION, W. H. S. **Sistema de integração lavourapecuáriafloresta (ILPF)**. INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Documentos nº 297 ISSN 1519-2059. Editor: Incaper. Formato: Digital e Impresso. Tiragem: 1000. Vitória-ES, 2022. 6 p.

LARIOS-GONZÁLEZ, R. C.; SALMERON-MIRAN, F.; GARCIA-CENTENO, L. Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. **Revista Científica**, v. 14, n. 23, p. 67-75, 2014.

LEMONS, J. J. S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

MONTEIRO, R. J. **Ações de proteção do solo**: mitigação de impactos ambientais no meio rural. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade Pitágoras, Governador Valadares, 2017. 29 p.

PASSOS, A. M. A. dos; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. dos. **Agricultura de baixo carbono**: tecnologia e estratégias de implantação. Brasília: Embrapa, 2018. p. 61-104. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101744>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A.; CONTE, B. P. **Mapeamento da degradação ambiental nos Estados e regiões brasileiras**. 2014.

PORTAL MANTENA. **Prefeitura da região se antecipa e constrói caixas secas**. Mantena: Portal Mantena, 30 ago. 2019. Disponível em: <http://www.portal.mantena.com.br/novo/?p=52292>. Acesso em: 19 nov. 2022.

PRIMAVESI, A. M. Agricultura ecológica. **Revista Attalea Agronegócios**, n. 148, p. 60-61, 2019.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo**: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 206 p.

REVISTA CULTIVAR (Brasil). **Sistema Plantio Direto tem desafios e metas a serem atingidas nos próximos 10 anos**. 2021. Disponível em: <https://revista.cultivar.com.br/noticias/sistema-plantio-direto-tem-desafios-e-metas-a-serem-atingidas-das-nos-proximos-10-anos>. Acesso em: 02 dez. 2022.

REVISTA PLANTIO DIRETO. Edição 113, setembro/outubro de 2009. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=953. Acesso em: 10 nov. 2017.

ROSSATO, M. V. **Qualidade ambiental e qualidade de vida nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis - SAPMal. Cdo. Rondon**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Dourados: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglcle/mkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntas_tema_plantio_direto.pdf. Acesso em: 26 nov. 2022.

SANTOS, E. V.; MARTINS R. A.; FERREIRA I. M. **O processo de ocupação do bioma Cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de Goiás**. 2009.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: An Analysis of Global Change** (Academic, San Diego). 2009. 112 p.

SILVA, J. M. C. da; SANTOS, M. P. D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. In: SCARIOT, A.; SOUSASILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 219-233.

SOUSA, A. R. et al. Solos do Estado de Pernambuco. In: CAVALCANTI, F. J. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. U.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. W. F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife: IPA, v. 1. 212 p. 2008.

SOUZA, I. I. M. de.; ARAÚJO, E. 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. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

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. 2021. p. 23-36. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c1>.

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. 2022b. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c1>.

WEHRMANN, M. E. S. de F. **A soja no Cerrado de Roraima**: um estudo da penetração da agricultura moderna em regiões de fronteira. Tese (Doutorado em Sociologia). Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília. 1999.

Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas

Silvia Aline Bérghamo Xavier, Thiago Blunck Rezende Moreira, Natália Cassa, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback, Igor Borges Peron, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c3>

Resumo

A história aponta que existe uma correlação negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana, principalmente quando associada aos processos de degradação ambiental, à sua qualidade de vida. O Brasil possui uma legislação ambiental moderna: iguala-se aos países desenvolvidos que têm preocupação ambiental. Por outro lado, este fato em si não garante efetivamente a aplicabilidade das leis e a qualidade da conservação e preservação dos recursos naturais no País: haja vista o que esteve em andamento no governo do período de 2019 a 2022, onde os órgãos ambientais estiveram em processo de enfraquecimento e desmantelamento continuado. De forma oposta ao modelo de produção convencional ou agroquímico, a agropecuária de base agroecológica, possui uma visão holística: do simples ao complexo. O aumento da biodiversidade traz o equilíbrio do sistema de maneira a eliminar agentes externos prejudiciais à saúde humana. A preservação, o saneamento ambiental, a conservação do solo e da água, as práticas de cultivo agroecológico, corroboram para o sucesso da agroecologia, assumindo um caráter de produção com manejos que impactam minimamente o ambiente, configurando-se um modelo de agricultura conservacionista. É possível produzir em quantidade e qualidade, promovendo a prática, quebrando paradigmas, fortalecendo e tornando conhecida a ciência que fará nosso planeta um lugar que respeita todo tipo de vida. Neste sentido, o presente trabalho objetivou realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a importância da agroecologia para com a agropecuária.

Palavras-chave: Agropecuária. Meio Ambiente. Saneamento ambiental. Conservação da Água. Biodiversidade.

1. Introdução

A agroecologia integra conhecimentos científicos multidisciplinares e saberes populares e tradicionais adquiridos, mantidos e atualizados continuamente por agricultores familiares, comunidades indígenas, quilombolas e camponeses, visando gerar estilos de agricultura mais sustentáveis, que possibilitem alternativas reais de enfrentamento a única e complexa crise socioambiental” (LS 139) que se tem vivido (MABELI, 2018).

É uma ciência que surge com um novo olhar frente à agricultura convencional. A transição de agroecossistemas ditos modernos ou tecnificados deve se basear em princípios ecológicos, construindo um novo sistema com estrutura e função semelhante ao ecossistema da região biogeográfica em que se encontra. É necessário resgatar e conservar os conhecimentos e a cultura locais, reduzir o uso de insumos comerciais, usar recursos renováveis locais, aumentar a reciclagem de nutrientes, aproveitar os microambientes, manter a diversidade, aumentar a produção dentro dos limites do ecossistema, conservar a diversidade genética, de espécies e de funções (ALTIERI, 2004; FEIDEN, 2005; GONCALVES et al., 2019).

Essa transição agroecológica deve iniciar com a ampliação (ou manutenção) da biodiversidade, tendo em conta o conjunto das relações bióticas e abióticas que ocorrem nos sistemas manejados pelo homem (CAPORAL; AZEVEDO, 2011), o que pode ser feito, por exemplo, com o uso dos Sistemas Agroflorestais (SAF) e modelos similares de produção.

Nesse contexto, a Agroecologia emerge na tentativa de reduzir os impactos que promovem o surgimento de áreas degradadas, aumentando a renda do produtor rural e reduzindo o êxodo rural e seus efeitos negativos (MUNDO EDUCAÇÃO, 2020):

No campo, o êxodo gera a diminuição da população rural no país, escassez de mão de obra e, automaticamente, reduz a produção de alimentos e matéria-prima: dessa forma gera inflação e aumento no custo de vida.

Nas áreas urbanas, o êxodo rural ocasiona muitos problemas de ordem estrutural e social, sendo os principais:

- O aumento do desemprego - como o crescimento da população é muito acelerado, o mercado de trabalho não consegue absorver todos os

trabalhadores; além disso, a falta de qualificação profissional dificulta a colocação em uma nova função;

- Aumento do subemprego: em decorrência da falta de emprego e necessidade de se ganhar o sustento, muitas pessoas se sujeitam a desempenhar atividades sem vínculos empregatícios para, pelo menos, conseguir adquirir sua alimentação;

- Crescimento de favelas: a baixa renda e a falta de emprego derivam um problema na configuração da paisagem das cidades - uma vez que não podem comprar um imóvel digno para moradia, muitos ocupam áreas periféricas em condições problemáticas; em vários casos, áreas de risco. Isso provoca a expansão de casas precárias e bairros marginalizados;

- Marginalização: a falta de oportunidades e de perspectivas proporciona o surgimento do crime e de atividades ilícitas, como a prostituição de adultos e crianças, tráfico de drogas, formação de quadrilhas, entre os diversos problemas conhecidos da sociedade brasileira, como o surgimento dos boias-frias.

Esses problemas podem ser resolvidos com:

- Políticas públicas que incentivem a permanência e produção no campo;
- Desenvolvimento de agroindústrias que visem agregar valores aos produtos agrícolas, garantindo remuneração e geração de renda às famílias rurais;
- Propagação de Escolas Polos com a ideia de assegurar aos jovens rurais conhecimentos acadêmicos teóricos e práticos que atendam não apenas a matriz curricular do Ministério da Educação e Cultura (MEC), mas também às necessidades do campo;
- Presença do policiamento na zona rural, atuando preventivamente no combate às infrações;
- Manutenções e aberturas de estradas vicinais permitindo, tanto nos períodos de secas como nos de chuvas, o deslocamento de pessoas e o escoamento da produção;
- Atendimento médico-odontológico preventivo na zona rural, evitando-se superlotações nas clínicas, postos de saúde e hospitais nas cidades;

- Lazer e recreação por intermédio de realizações de festividades, construções de campos e quadras esportivas, academias, parques de diversões e outros na própria comunidade rural; e
- Assistência técnica e extensão rural, o associativismo, o cooperativismo e o sindicalismo.

Neste sentido, caso realmente tivesse a efetivação das medidas apontadas, o êxodo rural diminuiria e as pessoas viveriam com melhores condições de vida na zona rural. Diante do exposto, apresenta-se a Agroecologia como ciência de mudança de paradigmas e solução para a produção de alimentos de forma sustentável. Técnicas de cultivo que não somente eliminam o problema da fome do país, mas trazem qualidade de vida para a população e respeito ao meio ambiente.

Assim, é possível reafirmar que a agricultura industrial baseada nos monocultivos praticada desde a Revolução Verde, corrobora para a eliminação da biodiversidade, destrói os conhecimentos locais e torna o sistema cada vez mais dependente de insumos agroquímicos. As novas tecnologias devem proporcionar a modernização da agricultura e ser inserida na era da “Revolução Azul”, que diferentemente da “Revolução Verde”, adota princípios de aumento de produtividade via cuidados ambientais.

O atual desequilíbrio ambiental ressalta a importância de inserir um sistema alimentar agroecológico que ofereça proteção ao ambiente e a saúde pública, valorizando a agricultura familiar e a produção sustentável (SILVA; BARBOSA, 2020).

Logo, por intermédio da agroecologia, podem-se identificar as recomendações e técnicas de cultivo e de recuperação de áreas degradadas que, em médio e longo prazo, eliminam o uso de insumos externos, tornando o sistema autossuficiente, produtivo e sustentável.

2. Áreas degradadas

Áreas degradadas são locais que sofreram alterações na sua estrutura física, biológica e, ou, química, alterando o ecossistema. A história mostra que os processos de degradação são remetidos ao princípio da existência humana, atingindo níveis elevados nas últimas décadas, com sérias consequências ambientais.

Recentemente, em todo mundo, surgiram planos, ideias, recursos e técnicas inovadoras e consistentes. As transformações dessas alternativas que se encontram a nossa disposição em realidade deixaram de ser um problema conceitual ou técnico, sendo mais uma questão de iniciativa política. É preciso que sejam criados modelos de desenvolvimento baseados nessas novas ideias, que ofereçam uma base ideal para o uso dessas tecnologias, sistemas econômicos e instituições sociais com preocupação para o futuro (SOUZA, 2021).

Nos dias atuais, devem-se levar em consideração os impactos causados ao meio ambiente gerados pelo atual modelo de produção e de desenvolvimento, evitando assim a incidência de novas áreas degradadas (Figura 1). A recuperação destas áreas é fundamental para promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental, além de proporcionar o restabelecimento da autossustentabilidade e do equilíbrio paisagístico de um determinado local.



Figura 1. Pastagens degradadas no município de Jerônimo Monteiro, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

Dentre as recomendações para recuperação, pode-se mencionar o estímulo para criação de alternativas educacionais, bem como a disponibilidade de acesso a sistemas de informação e certificação, promover conexões envolvendo parcerias do setor público e privado, incluindo governos, instituições acadêmicas e empresariais, auxiliar na execução de projetos que visem achar

soluções para os principais desafios da humanidade, capitalizando soluções criativas aos problemas prementes de nosso tempo, financiamento da infraestrutura ambiental, acompanhamento e avaliação permanente das ações a serem executadas (SOUZA, 2021; 2022).

O fato é que tantos problemas, descasos e situações que ocorrem ao longo do tempo, de acordo com esse mesmo autor, dão origem a uma série de aspectos e processos impactantes que geram áreas com degradação ambiental, afetando aspectos socioeconômicos culturais e biológicos. Acabar com as fontes de poluição é fundamental para acabar com o processo de degradação. Dentre as principais fontes de poluição na agropecuária, estão os fertilizantes e os defensivos agrícolas usados inadequadamente, irrigação mal manejada, resíduos animais e humanos lançados de qualquer forma ao meio ambiente (Figura 2).



Figura 2. Corpo hídrico contaminado por fontes diversas de poluição: IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2008).

Grande parte dessas fontes vai diretamente para o solo, outras para a atmosfera e, subsequentemente, retornam com as chuvas, indo para as águas superficiais, causando erosões e contaminando as águas subterrâneas. Em meio às fontes antrópicas de degradação, podem-se citar a agricultura, construção civil, construção de rodovias e ferrovias, exploração florestal,

industrialização, mineralização e garimpagem, pecuária e a urbanização. Estas fontes representam em torno de 95% de todos os processos de degradação existentes no mundo (SOUZA, 2021b).

Nos dias atuais, é fundamental que se realize a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) na fase de Implantação e, ou, de adequação de um empreendimento. AIA é um instrumento de gestão ambiental que avalia o estado atual e os possíveis impactos na área reservada para executar ou onde já se encontra implantado um empreendimento, fazendo uso de dois instrumentos de determinação da viabilidade ambiental da área: o estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA) (SOUZA, 2021c).

De acordo com esse mesmo autor, a AIA tem por objetivos: aperfeiçoar o uso dos recursos naturais de forma sustentável, proteger os recursos naturais e o equilíbrio ecológico, minimizar ou compensar os impactos das atividades antrópicas no ecossistema, assegurar o planejamento estratégico sustentável, avaliar os impactos ambientais futuros e atuais sobre o ecossistema.

3. Recuperação de áreas degradadas

De acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 11 de dezembro de 2014, traz a definição conforme o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), artigo 2º, inciso IV, são áreas degradadas: “aquela impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se assemelhe ao estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada.” (IBAMA, 2014). Portanto, as áreas degradadas são locais que sofreram alterações, não podendo mais se recuperar sozinha, por exemplo, áreas de mineração e áreas de pastagens.

Neste sentido, antes de começar, de fato, a efetiva recuperação da área degradada, faz-se necessário fazer um levantamento das condições locais: este procedimento recebe o nome de AIA – Avaliação de Impactos Ambientais. A AIA irá analisar os impactos ambientais que o local sofreu, identificando-os; a seguir, apresentará as medidas mitigadoras a serem executadas (SOUZA, 2021; 2022).

Assim, algumas práticas conservacionistas podem ser utilizadas, tais como o Sistema Plantio Direto (SPD), a Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e os Sistemas Agroflorestais (SAF). A agroecologia é a solução, podendo ser o acesso ao manejo correto do solo, possibilitando uma produção de forma

sustentável, reparando os danos e gerando emprego, além de auferir renda, permitindo haver bem-estar socioeconômico.

Á área apresentada na Figura 3 era uma pastagem degradada pelo uso intensivo de pastoreio, sem nenhum tipo de manejo ou uso de prática conservacionista durante vários anos. Após a execução do projeto, com a devida correção do solo, o plantio da gramínea braquiária (*B. decumbens*) e das espécies arbóreas Mogno (*Swietenia macrophylla*) e Cedro (*Cedrela fissilis*), a produtividade da área se encontra bastante superior às médias regionais, de acordo com o proprietário do Haras HD, Sr. Édson.

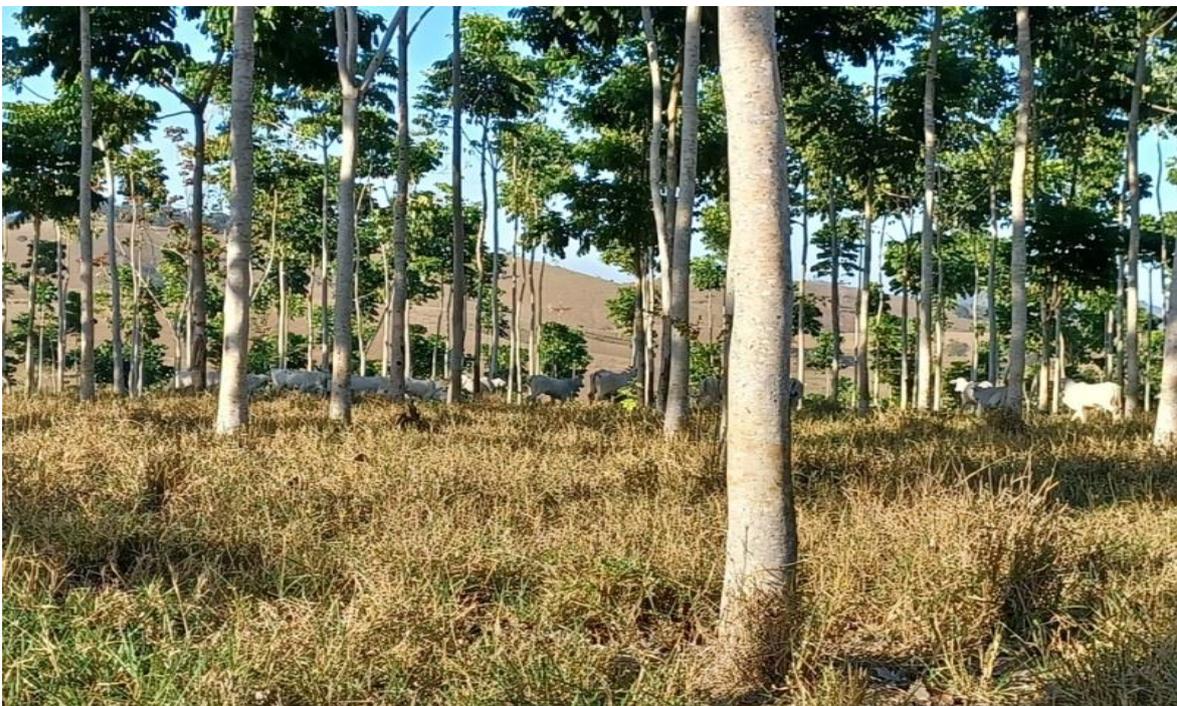


Figura 3. Sistema Silvopastoril: pastagem com Mogno, Mimoso do Sul, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

O uso correto das práticas de recuperação permite melhorar a qualidade de vida e o comprometimento com as ações, de modo a garantir a conservação e, ou, preservação ambiental. Nessa perspectiva, entende-se o quanto os recursos naturais são importantes para a sobrevivência humana e para a biodiversidade (MENDES, 2021).

3.1. Sistema plantio direto e rotação de culturas

O Sistema Plantio Direto (SPD) torna-se uma alternativa de manejo sustentável, capaz de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, contribuindo também para o aumento da fertilidade ao longo dos anos.

As principais técnicas empregadas no SPD são a ausência ou mínimo revolvimento do solo, a cobertura do solo com palhada e a rotação de culturas. De acordo com Adams (2016), esse tipo de sistema incrementa a cobertura do solo de forma contínua, por meio de palhadas das culturas advindas do processo de rotação de culturas, que são deixadas sobre o solo para proteger e restaurar sua fertilidade (Figura 4).



Figura 4. Sistema Plantio Direto com diferentes culturas em rotação, tendo como base o algodão, em Naaí, MS. Fonte: Lamas, 2016.

A rotação de culturas aumenta o teor de carbono orgânico no solo e reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, por haver uma grande decomposição de biomassa agrícola na área de plantio. Entre outras vantagens, essa prática aumenta a ciclagem de nutrientes e realiza a manutenção de matéria orgânica no solo (GONÇALVES et al., 2007; CRESPO et al., 2022).

Em áreas de transição ecológica, a cobertura com palhada deve ser mantida independente do sistema e das espécies utilizadas, sendo uma prática

simples, que consiste basicamente em deixar os restos vegetais em toda área de plantio. Nesse sentido, quanto maior o volume de biomassa deixada sobre o solo, maior a proteção e manutenção da matéria orgânica, contribuindo para o aumento da biodiversidade e da qualidade do solo.

De acordo com Crespo et al. (2022), a utilização de cobertura morta no sistema plantio direto (SPD), relativo ao manejo de plantas espontâneas, é vista como uma excelente alternativa. Sendo bem formada e distribuída uniformemente sobre a superfície do solo, age física e mecanicamente sobre o banco de sementes das plantas espontâneas, diminuindo suas taxas de germinação. Promovem as reduções da incidência de luz e da variação de temperatura do solo, e também pela inibição do processo germinativo de sementes com pequena quantidade de reservas nos diásporos (Figura 5).



Figura 5. Plantio de alface sobre a palhada de capim. Fonte: Faria (2016).

O SPD proporciona modificações ecológicas e sustentáveis com a utilização da matéria orgânica ou plantas de cobertura, resultado da produção agrícola, além de agregar melhorias com a fixação de carbono, garantindo assim, um solo mais fértil e sustentável (SALOMÃO et al., 2020).

A cada colheita, com o passar dos anos, com o uso da prática do SPD e utilizando técnicas de rotação de culturas, com o solo sempre coberto, é notória a melhoria da qualidade do solo. Possibilita um número maior de safras/ano, o

que contribui de maneira direta para o aumento da renda familiar e para a fixação do homem no campo.

Tais práticas são estimuladas pela agroecologia: modelo de produção que faz uso de técnicas que reproduzem ciclos naturais, conciliando o equilíbrio entre solos, plantas, água e outros recursos (ARAÚJO; SANTOS; LOPES, 2014). Para isso, o manejo agroecológico une práticas conservacionistas aos conhecimentos científicos, respeitando a dinâmica dos ecossistemas a fim de produzir alimentos de forma mais sustentável.

O uso de práticas conservacionistas, como a diversificação e rotação de culturas, microterraceamento, cobertura vegetal com palha, plantio direto e adubação verde, permitem melhorar a qualidade do solo, elevar sua produtividade e promover a sustentabilidade agrícola (SOUZA JUNIOR, 2019; TRISTÃO et al., 2019).

Na agroecologia, o solo é considerado a base produtiva dos ecossistemas, sendo o manejo agroecológico do solo realizado com o objetivo de maximizar a atividade biológica e o aporte de matéria orgânica para, então, manter a qualidade do solo ao longo dos anos.

De acordo com Alfaia et al. (2018), o solo é mais do que um substrato, ele é uma estrutura viva e complexa, onde ocorrem processos dinâmicos e essenciais para o crescimento saudável de plantas e o equilíbrio ambiental. Portanto, o manejo agroecológico do solo tem como princípios evitar a erosão, manter a ciclagem de nutrientes e aumentar a fertilidade do solo por meio de adubações com materiais orgânicos.

Outros princípios também são observados quando se busca conservar os recursos naturais por intermédio do manejo agroecológico do solo. Entre eles, destaca-se fazer o uso do solo de acordo com a sua capacidade; preservar nascentes e cursos d'água; fazer o mínimo revolvimento do solo; manter a cobertura vegetal; utilizar o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas; monitorar o uso de máquinas e equipamentos; e evitar o uso de agrotóxicos (CERETTA; AITA, 2010; COSTA; SOUZA, 2022).

Esses princípios norteiam as estratégias de cada sistema de produção, sendo escolhidas por meio de um conjunto de práticas integradas de manejo do solo, da planta e da água, considerando as características da propriedade, o objetivo do cultivo e o perfil do agricultor (HÖRBE; MINELLA; LONDERO, 2020).

O cultivo de café consorciado com diversas plantas, por exemplo, é capaz de aperfeiçoar a área de plantio, reduzir o uso excessivo de insumos externos, diluir custos de produção, contribuir com a cobertura vegetal e ciclagem de nutrientes, ser uma renda extra no período de entressafras, e melhorar a qualidade de vida do agricultor ao criar um ambiente mais sombreado e agradável termicamente para o trabalho (RIGHI; BERNARDES, 2015).

Ao avaliarem o desempenho do café conilon consorciado com adubos verdes em área de transição agroecológica localizada no município de Alegre/ES, Jaeggi et al. (2020) observaram que o manejo com 50% de feijão guandu apresentou resultados superiores para os parâmetros altura das plantas, diâmetro do ramo ortotrópico, número de folhas e de nós produtivos, número de ramos plagiotrópicos e produtividade em quilogramas de café cereja por planta, sendo considerado melhor do que a adubação convencional.

A adubação verde é a prática de cultivar plantas que, posteriormente, serão incorporadas ao solo. De acordo com Souza et al. (2020a), as principais vantagens da adubação verde são verificadas pela deposição constante de fitomassa na superfície do solo, que eleva a quantidade de carbono e matéria orgânica no solo, resultando no aumento da CTC e adsorção de nutrientes, na redução de perdas por lixiviação e na melhoria da fertilidade do solo.

3.2. Sistemas Agroflorestais (SAF)

Os Sistemas Agroflorestais, conhecidos como SAFs, são sistemas de uso de terra com a utilização de espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) em associação com espécies herbáceas de cultivo anual, e, ou, animais, resultando em interações economicamente e ecologicamente benéficas (MACEDO; VENTURIN; TSUKAMOTO FILHO, 2000).

Os SAFs englobam: sistemas silviagrícolas (espécies florestais e agrícolas); silvipastoris ou IPF (espécies florestais e atividades de pecuária) e agrossilvipastoris ou ILPF (espécies agrícolas, florestais e atividades de pecuária).

O sistema ILPF não precisa ocupar grandes áreas; porém, quanto mais complexos, maior será a diversidade e a sustentabilidade (Figura 6).



Figura 6. ILPF na Embrapa Pecuária Sudeste. Fonte: Rosso, 2015.

A agrofloresta é caracterizada pelo uso sustentável da terra, conduzidos sob os princípios sugeridos pelo modelo agroecológico de produção. O sistema ILPF serve como opção para a agricultura familiar, pois gera renda e também benefícios econômicos, permitindo o uso sustentável dos recursos naturais, propiciando a utilização de várias culturas ao longo do ano (SOUZA et al., 2021).

Nesse sistema, o manejo ocorre de forma equilibrada, sendo o resultado a harmonia com o ecossistema, a recuperação de recursos naturais, o resgate de práticas de comunidades tradicionais, entre outros. Para tanto, viabiliza melhorias na qualidade e estrutura do solo, bem como favorece as interações positivas entre as espécies do meio (MENDONÇA; LEITE; FERREIRA NETO, 2001; FORMOSO, 2007; KAMIYAMA, 2011).

Entre os benefícios ambientais dos SAFs, destacam-se o maior aporte de diferentes resíduos orgânicos, a redução da temperatura no ambiente e o aumento da umidade relativa do ar e do solo. De acordo com Guimarães e Mendonça (2019), o elevado teor de umidade no solo favorece a atividade microbiana, acelerando o processo de decomposição e acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo.

Dessa forma, os SAFs melhoram a qualidade do solo e favorecem o crescimento de plantas, afetando também a renda e o bem-estar dos

agricultores, pois, além de gerar produtos diversificados, a presença do componente arbóreo fornece sombra e regula a temperatura do ar ao longo do dia, tornando o ambiente mais agradável termicamente (Figuras 7 e 8).



Figuras 7 e 8. ILPF - melhoria da qualidade do solo. Fonte: Pedreira et al., 2021.

O objetivo dos SAFs é aperfeiçoar os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas e, ou, animais, a fim de obter a maior diversidade de produtos, diminuir as necessidades de insumos externos e reduzir os impactos ambientais negativos das práticas agropecuárias e florestais (FARRELL, 1984; GLIESSMAN, 2001; SILVA et al., 2021). Trata-se, de um processo lento, porém com resultados excelentes tanto no que se refere à produtividade, preservação ambiental e qualidade de vida (Figuras 9 e 10).

Por ser benéfico ao meio ambiente é válido inserir no contexto da agroecologia o conceito de saneamento. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), “é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social”.



Figura 9. SAF mogno bananeira açai maracujá. Fonte: Rosa, 2020.



Figura 10. SAF implantação com 8 meses, Apeninos, Castelo, ES. Fonte: Acervo Camila Barbiero, 2020.

O serviço de saneamento, item elementar da infraestrutura de um local, consiste em um conjunto de atividades composto pela coleta e tratamento de esgoto, fornecimento de água encanada, limpeza das vias públicas e coleta de lixo (FRANCISCO, 2020). O saneamento ambiental pode ser identificado como um conjunto de ações que buscam melhorar a qualidade de vida da população.

Conforme indica o próprio nome, esse esforço é feito por meio do controle do meio físico (EOS, 2019).

Os SAFs e saneamento ambiental rural se enquadram no modelo de agricultura regenerativa: tem como premissa produzir alimentos altamente saudáveis e ao mesmo tempo regenerar o solo e a biodiversidade. Tudo isso apenas com uma intervenção humana baseada na inteligência e na dinâmica da natureza (Figura 11).



Figura 11. Implantação de SAF em área de pastagem degradada: Conceição do Castelo, ES. Fonte: Acervo Adilar Viana, 2023.

Sabe-se que o sucesso da espécie humana depende de sua relação harmoniosa com o ecossistema onde se vive. Infelizmente, é sabido que tem prevalecido a visão antropocêntrica: a ambição, o interesse em enriquecer, o desrespeito para com as demais espécies, o consumismo desenfreado, tem levado a humanidade à degradação progressiva. Sendo o *H. sapiens* apenas uma espécie entre milhares, deveria adotar a visão ecocêntrica, respeitando e cuidando dos recursos ambientais.

Verifica-se que a implantação do sistema de manejo agroecológico oferece melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, favorecendo a infiltração

e retenção de água, a agregação e estrutura do solo, o desenvolvimento e abundância de microrganismos, a CTC, a disponibilidade de nutrientes e o aporte de matéria orgânica: a sua presença é um indicador chave por ser sensível a modificações antrópicas e condicionar todas as propriedades do solo (Figura 12) (CHERUBIN et al., 2015; COSTA et al., 2020; SOUZA, 2022).



Figura 12. Recuperação de área de pastagem degradada com manejo agroecológico - IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2012).

Desde a época das cavernas, o homem procurou aprender e evoluir. Aprendia com erros, com observações, com tentativas, por mais demorado que fosse. É sabido que o conhecimento nunca é estático; ao contrário, o mundo está constantemente em processo de evolução, mudando, adaptando-se, transformando-se e, assim, exige um aprendizado dinâmico.

4. Estudo de caso

Este tópico fará uma abordagem dos principais conceitos, princípios e definições da agroecologia, agricultura convencional, agricultura com sustentabilidade, saneamento ambiental e mudanças de comportamento.

Será discutido o que foi a Revolução Verde, seus propósitos e as consequências desse modelo de produção adotado. Por último, um estudo de caso do comportamento e estilo de vida de duas (2) famílias do modelo de produção familiar, em regiões distintas do Brasil: Bahia e Santa Catarina.

A Família da Bahia, situada no município de Sítio do Mato, composta pelo Senhor Domingos Francisco, sua esposa Valdeci, sete (7) filhos e dois (2) netos; e a Família de Santa Catarina, situada no município de São Carlos, composta pelo Senhor Valdemir, sua esposa Zuleica e seus dois filhos.

4.1. Introdução

Nosso planeta passa por mudanças profundas: chuvas intensas, enchentes, queimadas, desastres naturais, degradação do meio ambiente, perda considerável da biodiversidade e, recentemente, o surgimento de um vírus que atingiu todo o mundo, COVID-19, de alta transmissibilidade, originário de países do oriente, que se tornou uma pandemia mundial, tendo feito milhares de vítimas em todo o mundo.

No livro “Sapiens, Uma breve História da Humanidade”, o autor Harari (2014), deixa claro que a humanidade tem vivido de crenças imaginadas que são propagadas com objetivo de favorecer uns poucos que detém algum tipo de poder. Nenhum fato ocorreu na história que pudesse comprovar tais crenças. Elas simplesmente são impostas e as pessoas aceitam para tornar as coisas mais fáceis de serem conduzidas.

O homem moderno é movido pelo imediatismo e pelo consumismo, geração de lucros imediatos não considerando os limites do crescimento. Tudo aquilo que demanda tempo para produzir resultados, é descartado. O político, por exemplo, se quiser fazer algo produtivo durante seu mandato, sabe que terá quatro (4) anos para esse fim. Nesse período, caso ele já não esteja corrompido, irá pensar muito se valerá a pena iniciar um projeto sustentável que não será levado adiante pelo seu sucessor. Infelizmente, nossa realidade de mundo é essa: vivem-se um falso progresso (Figura 13).



Figura 13. Urbanização versus Meio Ambiente: contrastes e ausência de planejamento urbano. Fonte: EcoDebate, 2015.

A falta de saneamento nas cidades, em nível mínimo que assegurem o bem-estar das populações, tem gerado um quadro de degradação do meio ambiente urbano sem precedentes. Isto é notado quando se vê a ocupação do solo desenfreado, causando erosão e assoreamento dos rios. Há inúmeras evidências que existem limites para o crescimento econômico, considerando que os recursos naturais são escassos: infelizmente, não vêm sendo considerados.

Sabe-se que a prática agroecológica é a solução mais adequada. No entanto, demanda tempo - envolvem ciclos de vida, biodiversidade, interações ecológicas, interdependência, conceitos estes opostos ao consumismo, da produção em grande escala e do enriquecimento desmedido.

Atitudes locais também possuem contribuição de grande importância. O simples fato de o cidadão separar seus resíduos para que tenha o destino adequado e não sejam lançados nas vias públicas e no ambiente, contribui para que os sistemas de drenagem sejam eficientes. O empreendedor social Ousman Umar (ECODEBATE, 2015), afirma que pessoas simples, em lugares pequenos, fazendo coisas pequenas, mudarão o mundo. Conta que o essencial para as populações em dificuldade é a educação de qualidade, ao invés de apenas

doação de alimentos. Esse é o caminho atual da agroecologia, vista como “alternativa” e renovação, que busca produzir conhecimentos capazes de provocar mudança de paradigma.

Nas questões alimentares, a “Revolução Verde”, no Brasil, teve início nos anos da década de 1950/1960. Trouxe um pacote tecnológico que tornou a agricultura dependente do uso intensivo de insumos externos e industriais, mecanização, biotecnologias, uso intenso de agrotóxicos, para que melhorassem o cultivo, a produção e a exportação dos alimentos, com finalidade também de reduzir a fome no mundo (WACHEKOWSKI et al., 2021).

O modelo de produção proposto pela agricultura convencional se tem mostrado insustentável e incompatível para a manutenção da qualidade do solo, com a degradação de suas condições físicas, químicas e biológicas. Em consequência, perde-se a biodiversidade do agroecossistema (Figura 14).



Figura 14. Área de pastagem com reduzida biodiversidade em Jerônimo Monteiro, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

Em lavouras cafeeiras, por exemplo, esse tipo de manejo é caracterizado pelo baixo aporte de resíduos orgânicos no solo, ausência de sombreamento e dependência de insumos externos, que causam impactos adversos na qualidade do solo (GUIMARÃES et al., 2014).

De acordo com Bünemann et al. (2018), a qualidade do solo se refere à sua capacidade de funcionar dentro de um ecossistema natural ou manejado, a fim de garantir o bom crescimento de plantas e animais, que resultarão no aumento da produtividade agropecuária. Neste contexto, o manejo agroecológico do solo, que será apresentado no Estudo de Caso da Família Kern, surge como uma forma mais sustentável de uso da terra, principalmente por seguir princípios ecológicos que buscam conservar os recursos naturais.

Entre esses princípios, Souza et al. (2020a) citam a manutenção de vida e fertilidade do solo por meio da cobertura vegetal viva ou morta; o aumento da biodiversidade funcional por meio da diversificação da microbiota; e a adaptação de atividades agrícolas aos ciclos naturais da região. Assim, a implantação de sistemas agroecológicos em lavouras cafeeiras possui potencial para aumentar a ciclagem de nutrientes e os níveis de matéria orgânica no solo, melhorando a capacidade de troca de cátions – CTC e a fertilidade do solo ao longo dos anos (GUIMARÃES et al., 2013).

Lopes et al. (2012) também destacam que o manejo agroecológico em plantações de café pode reduzir a desagregação, erosão e compactação do solo, evitar a lixiviação e contaminação de cursos d'água. Afirmam que, no estado do Espírito Santo, várias lavouras cafeeiras que o praticam apresentam uma série de benefícios a partir da sua execução.

O manejo agroecológico surge na contramão desse modelo agropecuário convencional de produção imposto e praticado até os dias atuais: visa lucro, estética e produção em grande escala. A Agroecologia surge como alternativa para uma agricultura regenerativa e sustentável, de inserção e compromisso com o bem-estar do homem do campo e seus sucessores, assumindo um caráter de produção com manejos que impactam minimamente o ambiente utilizado para o cultivo, configurando-se como um modelo de agricultura regenerativa e conservacionista (ALTIERI, 2001) (Figura 15).



Figura 15. Área de SAF com elevada biodiversidade. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2022.

4.2. Revolução Verde

A Revolução Verde se intensifica nos anos da década de 1950. Utiliza-se de sementes resistentes e práticas que permitiram um vasto aumento na produção agrícola, gerando produtos baratos mediante enormes subsídios. A Revolução Verde acarretou em desmatamento, erosão e esgotamento do solo. Alterou o ecossistema com a utilização intensiva de agrotóxicos prejudiciais à saúde humana, priorizou os latifúndios em detrimento à agricultura familiar e causou o êxodo rural.

Essa revolução, na verdade, forçou a propriedade intelectual sobre as sementes e tornaram os agricultores dependentes dessas patentes. Passou a reinar um modelo de produção de alimentos que, em grande parte da comida que chega à mesa, é produzida a partir do uso de agrotóxicos, fertilizantes químicos e organismos geneticamente modificados - práticas que diariamente ceifam vidas no campo, nas cidades e prejudicam as relações harmônicas com a natureza, desconsiderando as suas importantes relações de interdependência (SHIVA, 2001).

A interdependência é um princípio da ecologia que explica como os processos vitais dependem uns dos outros: o sucesso do sistema como um todo

depende do sucesso de seus indivíduos; ao mesmo tempo, o sucesso de cada membro depende do sucesso do sistema como um todo (RICKLEFS, 2003). Envolve trocas de matéria e energia em ciclos contínuos, chamados circuitos de regeneração (Figura 16).



Figura 16. Sistema agroflorestal biodiverso. Fonte: Borges, 2016.

A fim de entender esse princípio, têm-se como exemplo os rios voadores que são “cursos de água atmosféricos”, formados por massas de ar carregadas de vapor de água, muitas vezes acompanhados por nuvens, sendo propelidos pelos ventos. Essas correntes de ar invisíveis carregam umidade da Bacia Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.

A floresta Amazônica é fundamental para que esse processo ocorra. As árvores desempenham esse serviço ecossistêmico: acabar com a floresta é se preparar para um clima inóspito. Esse fenômeno, que ocorre em nosso país devido à floresta amazônica, é que justifica não se ter deserto no Brasil; ou seja, nosso país é dependente da floresta – há de se respeitá-la. Sem o homem, a natureza com sua alta capacidade de resiliência, reergue-se por si só.

4.3. As famílias Kern e Sítio do Mato

A análise terá como referência o Estudo de caso elaborado pelos mestrandos do ano de 2019 do Ifes campus de Alegre e vídeos apresentados no programa “Globo Rural”, disponibilizados pelo Professor da disciplina Agroecologia, Maurício Novaes Souza.

4.3.1. Família Sítio do Mato

No sertão da Bahia tem um município chamado Sítio do Mato, onde reside uma família aqui destacada cuja história causa impacto. Cabe comentar que é igual à de milhares de outras famílias. A família aqui descrita é composta por marido, esposa, sete filhos e dois netos - vivem em condições de miséria e pobreza extrema. Em condições de déficit hídrico permanente, o casal cultiva milho, feijão e mandioca, sem equipamentos e implementos agrícolas. Os filhos mais novos estudam em escola da comunidade e os mais velhos na cidade (Figura 17).



Figura 17. Sítio do Mato, BA. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2021).

Os pais enxergam nos estudos uma forma dos filhos conseguirem condições melhores de vida futura. Contudo, os filhos mais velhos trabalham como diaristas em fazendas próximas a fim de complementar a renda familiar. Os filhos não ajudam na lavoura e não recebem conhecimento dos pais. Não há

assistência técnica que ajude e contribua na agricultura, nem assistência governamental. Muito abandono e degradação ambiental.

4.3.2. Família Kern

A família Kern, descendentes de alemães, vieram para o Brasil e residem na região de Santa Catarina, no município de São Carlos, vivenciam uma realidade totalmente diferente quando comparada à família Sítio do Mato. Em uma propriedade com pouco mais de seis (6) ha, são autossuficientes e produzem uma elevada diversidade de alimentos (Figura 18).



Figura 18. Sítio da família Kern em São Carlos, SC. Fonte: EPAGRI, 2018.

A herança cultural se perpetua na comunidade e no ceio familiar. A valorização das mulheres no campo, a troca de sementes entre as agricultoras da comunidade, a perpetuação das sementes crioulas, contribuem para a diversificação e zelo das espécies. A família recebe assistência técnica, que os levam conhecimento e os agregam na propriedade. Adotaram os princípios da agroecologia como condição de vida: a assistência técnica está presente e não há áreas degradadas.

4.3.3. Análise das famílias Sítio de Mato e Kern

A reflexão deixada por essas vivências: a família do Sítio do Mato deveria receber apoio técnico assim como a Família Kern. Teriam auxílio para laborar de forma correta em sua propriedade, informações que lhe dariam condições de produzir e passar tais conhecimentos aos seus descendentes. Todos deveriam receber de forma igualitária a ajuda governamental, diminuindo as diferenças sociais existentes no país.

A agricultura familiar possui força necessária para a produção do Desenvolvimento Rural Sustentável, principalmente se houver socialização de conhecimentos e saberes agroecológicos entre os agricultores, pesquisadores, estudantes, extensionistas, políticos, técnicos, com a participação ativa dos governos federal, estaduais e municipais.

É notória que a diferença entre a realidade das famílias é fortemente afetada por questões ambientais, culturais e de heranças trazidas e conservadas pelos membros da família Kern, bem como a presença forte de programas que intensificam a assistência técnica, o crédito rural e as políticas públicas que incentivam a produção familiar. Na família Kern, além da preocupação com a educação dos filhos nas escolas, com as questões socioculturais e socioambientais, existe a preocupação por parte dos pais em transmitir os conhecimentos tradicionais aos filhos – infelizmente, tal realidade não ocorre na família do Sítio do Mato.

É preciso que exista uma atuação sistêmica de órgãos governamentais e não governamentais para que ocorra a transformação desta família. Faz-se fundamental que tenham alternativas para que possam viver com dignidade dentro de sua propriedade, com sustentabilidade e dignidade, evitando que seus filhos façam parte da estatística do êxodo rural brasileiro.

Os casos de sucesso estudados até o momento ocorreram, sem dúvida, pelo trabalho, esforço, dedicação. Porém, um item de peso nessa balança é o saber. Buscar o conhecimento, ter o conhecimento. Entender como os processos ocorrem, ou seja, ciência. Quando se confrontam as Famílias Kern e Sítio do Mato, percebe-se um fator-chave na primeira: o capital sociocultural.

Percebe-se, que o trabalho em mutirão, aliado às técnicas e conhecimento, corrobora para uma produção de sucesso. Esforço sem conhecimento não traz resultados. Esse saber não chega sem o interesse de

quem o procura. É preciso buscar e estar receptivo ao saber, sendo necessárias quebra de paradigmas no comportamento para que as práticas agroecológicas se sustentem.

Para que se possam compreender o verdadeiro sentido das expressões meio ambiente e “ecologia”, tem-se que superar o desconhecimento sobre o tema, até mesmo em relação aos princípios fundamentais e aceitar a condição básica de que a solução se inicia individualmente: desde a postura pessoal, até a crítica coletiva consciente (SOUZA, 2012; 2022).

O futuro do agronegócio brasileiro, principalmente para os produtores cujo foco principal está no mercado externo, de acordo com Pena Júnior e França (2023), há de se destacar:

“a) incremento da percepção da segurança alimentar com elementos relacionados à segurança do alimento e ao seu valor nutricional;

b) aceleração da digitalização e do uso de tecnologias, inclusive para nichos de pós-produção;

c) disseminação da percepção de multifuncionalidade da agropecuária, ampliando sua conexão com setores como energia, saúde e bem-estar;

d) ampliação da incorporação de pequenos e médios produtores nas cadeias produtivas, incluindo as mais avançadas, por meio da adaptação de tecnologias e disponibilização de crédito e assistência técnica;

e) potencial do Brasil se tornar fonte global de soluções inovadoras e criar um modelo de desenvolvimento agroalimentar sustentável para os trópicos.”

Segundo esses mesmos autores, todos esses aspectos deverão caminhar paralelamente em um ambiente em que cresce o entendimento de que não é possível seguir em um modelo de economia linear: é premente a evolução para o padrão de economia circular.

5. Considerações finais

As mudanças surgem de desejos e vontades pessoais. Contudo, enquanto se lutar apenas pela sobrevivência, como a Família do Sítio do Mato, não existe a possibilidade de se buscar caminhos alternativos. No meio rural, quando o proprietário abre mão de uma área de produção para proteger uma nascente, produzindo água da qual outro se servirá, contribui com o vizinho, o

município, o planeta e preserva a natureza: trata-se da prestação de um serviço ecossistêmico, ou seja, de cunho ambiental.

O agricultor quando realiza a conservação do solo e mantém suas florestas, consegue captar a maior parte do volume de chuva, contribuindo para a recarga da sua microbacia: passa a ter mais água, de melhor qualidade e com perenidade; ou seja, presta um serviço ambiental para sociedade.

Os benefícios causados pela agricultura agroecológica são incontáveis, visando sempre o bem estar do meio ambiente e à saúde. Nutrição, proteção, conservação do solo; aumento da biodiversidade; métodos alternativos de controle e manejo; redução dos custos; redução de insumos químicos, são pontos aos quais o produtor e o ambiente passam a conviver e a auferir benefícios ecossistêmicos que este processo pode ocasionar aos envolvidos e à conservação dos recursos naturais.

O manejo agroecológico surge como alternativa para uma agricultura regenerativa e sustentável, de inserção e compromisso com o bem-estar do homem do campo, assumindo um caráter de produção com manejos que impactam minimamente o ambiente utilizado para o cultivo, configurando-se como um modelo de agricultura conservacionista.

Somente no momento em que a sociedade perceber que a floresta em pé tem valor maior do que a floresta derrubada ir-se-á, de fato, ter a floresta conservada como se precisaria. Realmente, o mundo passa por uma revolução intelectual e de valores. As empresas e pessoas físicas têm repensado seus atos, práticas e comportamento. Os valores e princípios da agroecologia ganham adeptos, decorrente de suas práticas de cultivo menos agressivas e mais naturais.

A Agroecologia precisa ganhar espaço principalmente entre os pequenos produtores. Trabalhar em sistema de mutirão para a colheita do café ou a roçada de uma pastagem, cultivar uma horta, separar seus resíduos e dispô-los de forma adequada, trabalhar coletivamente, estimulará o desenvolvimento sustentável do nosso ecossistema. É fundamental mudar o pensamento e as atitudes, agindo coletivamente: não se pode apenas criar expectativas e esperar por *benesses* políticas. A partir do momento em que cada pessoa ou família fizer a sua parte, a mudança chegará e o meio ambiente se tornará melhor: como os membros da comunidade onde vive a Família Kern.

É difícil para uma propriedade que faz uso do método convencional de produção, em larga escala, passar por procedimentos de conversão em curto espaço de tempo. O fator econômico tem peso, posto que a produção possa sofrer declínio na fase inicial de execução do modelo agroecológico. Contudo, fica evidente no caso da Família Kern, que os benefícios causados pela agricultura de base agroecológica são incontáveis, visando sempre o bem estar do ecossistema, evitando danos à saúde e ao meio ambiente, recuperando áreas degradadas.

Nutrição, proteção, conservação do solo; métodos alternativos de controle e manejo; redução dos custos; redução de insumos químicos; saneamento ambiental, enfim, são pontos que o produtor e o ambiente passam a conviver em harmonia, observando dia a dia todo o processo e benefícios que este método pode ocasionar para todos os envolvidos: a interdependência é uma realidade e a sua observação uma necessidade.

6. Referências bibliográficas

ADAMS, G. A. **Influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto**. Monografia (Curso de Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo. 45 p. 2016.

ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. C. da.; PUENTE, R. J. A.; FERNANDES NETO, J. G.; UGUEN, K. **Cartilha para produtores rurais: princípios agroecológicos para o manejo ecológico do solo e a saúde das áreas produtivas**. Manaus: Editora INPA, 2018. 24 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Editora da UFRGS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

ARAÚJO, J. F.; SANTOS, C. D. A. S. M.; LOPES, R. C. Manejo ecológico do solo e da água. **Caerdes**, v. 3, p. 11-35, 2014.

BORGES, S. Z. Sistema agroflorestal biodiverso. **Embrapa**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/3238001/sistema-agroflorestal-biodiverso>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. de.; GOED, R. de.; FLESKENS, L.; GEISEN, V.; KUYPER, P. M.; PULLEMAN, M.; SUKKELE, W.; GROENIGEN, J. W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality - a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.

CAPORAL, F. R.; AZEVEDO E. O. de. **Princípios e perspectivas da agroecologia**. Instituto Federal do Paraná. 192 p. 2011.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. Santa Maria: UFSM, 2010.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.

COSTA, A. A.; MACHADO, E. B. N.; LUDUVICO, G. A.; MACEDO, I. L. M. Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 32294-32306, 2020.

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>

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de; GONÇALVES, D. da C. The green corn development and yield on different summer soil covering plants in the organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) Peer-Reviewed Journal**. ISSN: 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O). v. 9, n. 3; p. 217-225, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.93.27>.

ECODEBATE. **Urbanização e Meio ambiente**. 2015. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2015/03/02/urbanizacao-x-meio-ambiente-os-dois-lados-do-planejamento-urbano-artigo-de-rafael-fernando-de-almeida-ferraz/>. Aces- so em: 10 jun. 2022.

EOS. Organização e Sistemas. **A importância do saneamento ambiental**, 2019. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/importancia-do-saneamento-ambiental/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

EPAGRI. **Fazenda sustentável em Santa Catarina**. 2018. Disponível em: www.epagri.gov.br. Acesso em: 25 abr. 2022.

FARIA, G. R. **Plantio direto de alface**. Embrapa. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/2775001/plantio-direto-de-alface>. Acesso em 10 jun. 2022.

FARRELL, J. G. Sistemas agroflorestais. In: ALTIERI, M. A. (Org.) **Agroecologia: bases científicas de la agricultura alternativa**. Santiago, Chile: CIAI, p. 15-27. 1984.

FEIDEN, A. Agroecologia: Introdução e Conceitos. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Org.) **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 49-69, 2005.

FORMOSO, S. C. **Recuperação de áreas degradadas através de sistemas agroflorestais**: a experiência do Projeto Agrofloresta, sustento da vida. 2007. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/119104>>. Acesso em: 23 maio 2015.

FRANCISCO, W. de C. Brasil Escola: **Saneamento Ambiental**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/saneamento-ambiental.htm>>. Acesso em: 15 out. 2020.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2001.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

GONÇALVES, S. L.; GAUDÊNCIO, C. de A.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.; GARCIA, A. **Rotação de culturas**. Londrina, PR. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E). p. 10. 2007.

GUIMARÃES, G. P., MENDONÇA, E. S. de.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; MACHADO, R. V. Avaliação da qualidade do solo e de cafeeiros em propriedade familiar do Território do Caparaó-ES. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, p. 236-246, 2013.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. D. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. Agricultura sintrópica (agrofloresta sucessional): fundamentos e técnicas para uma agricultura efetivamente sustentável. **Incaper em Revista**, v. 10, p. 6-21, 2019.

HARARI, Y. N. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. 4. ed. Rio Grande do Sul: Editora L&PM, 2014. 452 p.

HÖRBE, T. de A. N.; MINELLA, J. P. G.; LONDERO, A. L. Manejo da água e erosão do solo. In: BONETTI, J. de A.; FINK, J. R. (Orgs.). **Manejo e conservação da água e do solo**. Lavras: UFLA, 2020. 151p.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa nº 11, de 11 de dezembro de 2014**. Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada – PRAD. Disponível em: www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=134757. Acesso em: 13 maio 2022.

JAEGGI, M. E. P. C. da; COELHO, F. C.; PEREIRA, I. M.; ZACARIAS, A. J.; GRAVINA, G. A. de.; LIMA, W. L. de.; SOUZA, A. O.; SILVA, S. F. da;

MOREIRA, T. R.; PARAJARA; M. C. do.; SANTOS, A. R. dos. Desempenho do café conilon consorciado com adubos verdes em área de transição agroecológica. **Revista Ifes Ciências**, v. 6, n. 3, p. 171-82, 2020.

KAMIYAMA, A. **Cadernos de Educação Ambiental: "Agricultura Sustentável"** São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. São Paulo. 2011.

LAMAS, F. M. **Rotação de culturas**. Embrapa. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/3050001/sistema-plantio-direto-com-di-ferentes-culturas-em-rotacao-experimento-em-navirai-ms>. Acesso em: 10 jun. 2022.

LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; FERRAZ, J. M. G.; LOPES, I. M.; FERNANDES, L.G. Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, 2012.

MABELI, C. **Agroecologia: defendendo e gerando vida no campo e na cidade**. 2018. Disponível em: <<https://magisbrasil.com/agroecologia-defendendo-e-gerando-vida-no-campo-e-na-cidade-20180607>>. Acesso em: 15 out. 2020.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA: FAEPE. 2000.

MENDES, P. F. **Indicadores físicos e biológicos na recuperação de áreas degradadas: uma revisão da literatura**. 2021.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestral: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Efeitos do êxodo rural**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/efeitosexodorural.htm>>. Acesso em: 17 out. 2020.

PEDREIRA, B. C. de; CARVALHO, P. de; NASCIMENTO, H. L. B. do; DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; PEREIRA, D. H.; CABRAL, L. da S.; CHIZZOTTI, F. H. M.; ABREU, J. G. de. **SIPA: uma nova perspectiva para a pecuária brasileira**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1106164/sipa-uma-nova-perspectiva-para-a-pecuaria-brasileira>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PENA JÚNIOR, M. A. G.; FRANÇOZO, M. A. S. (Eds.) Prefácio. **O futuro da Agricultura Brasileira: 10 visões**. Embrapa, Superintendência Estratégica – Brasília, DF: Embrapa, 2023. 114 p. ISBN: 978-65-89957-67-6

RICKLEFS, R. E. **Economia da Natureza**. São Paulo: Guanabara Koogan, ed. 5, 2003. 542 p.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Sistemas agroflorestais**: definição e perspectivas. Piracicaba: Cadernos da disciplina sistemas agroflorestais, 2015.

ROSSO, G. **Integração lavoura, pecuária e floresta**. Embrapa. 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-geral?p_auth=2GuqDqqU&p_p_id=busca_geral_buscageral_WAR_. Acesso em: 10 jun. 2022.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. A Importância do Sistema de Plantio Direto da Palha na Reestruturação do Solo e Reposição da Matéria Orgânica. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 1, pág. e154911870, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1870. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1870>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SHIVA, V. **Biopirataria**: a pilhagem da natureza e do conhecimento. Petrópolis, Editora Vozes, 2001.

SILVA, J. H. C. S.; BARBOSA, A. da S. A inserção da agroecologia em um novo sistema alimentar pós COVID-19. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 4, p. 148-159, 2020.

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.

SOS Mata Atlântica. 2019. **Relatório Anual de 2018**. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/11/RA_SOSMA_2018_DIGITAL.pdf. Acesso em: 31 abr. 2020.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 253- 269, 2019.

SOUZA, C. de O.; BINOTI, D. H. B.; MOREIRA, T. B. R.; RANGEL, O. J. P. **Estratégias de manejo do solo em áreas de transição agroecológica**. Alegre: Edifes, 2020a. (Boletim técnico, 3)

SOUZA, C. de O.; BINOTI, D. H. B.; MOREIRA, T. B. R.; RANGEL, O. J. P. **Estratégias de manejo do solo em áreas de transição agroecológica**. Alegre: Edifes, 2020a. (Boletim técnico, 3)

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. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c1>.

SOUZA, M. N. **Introdução ao Estudo do Meio Ambiente**. Apostila da Disciplina Ecologia do Curso Técnico em Meio Ambiente. Rio Pomba: IF SEMG RIO POMBA, 2012. 96 p. (Caderno Didático número 245).

SOUZA, M. N. Métodos para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 37-115. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c2>.

SOUZA, M. N. Projeção de cenários ou modelos de simulação: uma metodologia de AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021b. p. 116-166. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c3>.

SOUZA, V. N. de; DE OLIVEIRA, L. S.; JUNIOR, A. C. A.; DE SOUZA, A. H.; GOYANNA, G. J. F. Agrofloresta: Uma Alternativa Viável Para A Agricultura Familiar. **Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, v. 16, n. 1, p. 229, 2021.

TRISTÃO, F. A.; KROHLING, C. A.; MUNER, L. H. de; SOUZA, M. F. de; FORNAZIER, M. J. Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de arábica em regiões de montanha. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 10, p. 105-124, 2019.

WACHEKOWSKI, G.; FIGUEIREDO, T. C., RIZZI, J. L., SOARES, N. V. Agrotóxicos, Revolução Verde e seus impactos na sociedade: revisão narrativa de literatura. **Salão do Conhecimento**, v. 7, n. 7, 2021.

Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia

Beatriz de Moura Francischetto, Carolyne Inocência Santana, Pamela Pedrotti Spala Oliveira, José Carlos Venâncio da Páschoa, Pedro Pierro Mendonça, Alex Justino Zacarias, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c4>

Resumo

A Educação Ambiental (EA) sob a visão interdisciplinar no cenário educativo, bem como a sua contribuição para a sensibilização do ser humano como integrante do sistema ecológico, promove qualidade no desenvolvimento das práticas e metodologias aplicadas, oferecendo um ensino de qualidade em benefício ao meio ambiente. No desenvolvimento do presente projeto foram abordados temas e eventos marcantes para EA como a “Agenda 21”, um instrumento construído na Rio-92; e o Acordo de Paris, tratado internacional sobre mudanças climáticas e efeitos dos gases estufas elaborado no ano de 2015: esses temas são fundamentais para a formação de uma EA na construção formal do indivíduo como parte do meio ambiente, desenvolvendo o sentimento de pertencimento; assim, o acionamento de ações cotidianas que podem ser desenvolvidas no nosso dia a dia. O presente projeto foi desenvolvido no terceiro ano do ensino médio da “Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Pedro Simão”, no município de Alegre, ES. O seu objetivo foi sensibilizar os alunos por intermédio de práticas sustentáveis e agroecológicas quanto às questões ambientais e a relação do ser humano com o meio ambiente. A prática escolhida foi a da compostagem, muito indicada para produtores agroecológicos do modelo de produção familiar, sendo aplicadas técnicas e conceitos, mostrando desde os seus princípios teóricos e conceituais, montagem, composição, funcionamento, reaproveitamento dos resíduos e o produto final gerado: o adubo orgânico. Construiu-se, dessa forma, a vivência desses alunos com as práticas socioambientais, fortalecendo suas relações com o meio ambiente e a sustentabilidade.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Educação Ambiental. Agricultura Familiar. Agroecologia. Compostagem. Sustentabilidade.

1. Introdução

As discussões relacionadas à conservação e, ou, preservação do meio ambiente tem sido intensificada nos anos recentes. O principal motivo considera a degradação provocada pelos seres humanos do ambiente em que se vivem devido ao consumo desenfreado e o modelo de desenvolvimento econômico praticado. Assim, surge a necessidade a abordagem da educação ambiental (EA) com crianças e jovens em ambientes formais e não formais de ensino.

O fato da EA não ser uma disciplina curricular e o de não haver a obrigatoriedade de sua inserção na prática pedagógica cotidiana, acaba por distanciar os alunos dessa problemática, como está proposto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEM) (BRASIL, 1999).

A partir desse contexto, é estabelecida a justificativa deste estudo acerca de investigar se o que está previsto nos PCNs e DCNEM sobre a EA está sendo inserido no currículo escolar, no que se refere aos saberes que o aluno precisa ter ao final da educação básica sobre o tema meio ambiente, sob a tutela da EA (LIMA; ALVES, 2022).

De acordo com esses mesmos autores, a concepção teórica que orienta o estudo é que a EA e a sua aplicação interdisciplinar devem proporcionar ao ser humano o entendimento do meio ambiente em que se vive, bem como a conservação do mesmo e o uso dos recursos da natureza com o objetivo de formar cidadãos capazes de utilizá-los e conservá-los de forma sustentável.

Atualmente, vive-se em um mundo onde os indivíduos estão habituados a entender o meio ambiente como exterior às suas necessidades. O individualismo presente na atual sociedade é o reflexo da busca histórica por riquezas, resultado da visão antropocêntrica de mundo onde o ser humano se coloca em uma posição de superioridade à natureza. A busca constante por mais poder tem enfraquecido os laços de convivências e os valores sociais. Como resultado deste processo, tem-se a pouca preocupação com a conservação dos espaços e dos bens de livre acesso (FONSECA et al., 2022; LIMA; ALVES, 2022).

O fato é que desde os anos das décadas de 1960 e 1970, com a chegada da Revolução Verde no Brasil, os ecossistemas sofreram constantes mudanças no cenário ambiental: as ações antrópicas vêm usando práticas inadequadas em

suas atividades produtivas. Por outro lado, emerge a produção agroecológica, como um processo agropecuário que procura proporcionar formas de cultivo e desenvolvimento de maneira sustentável (OCTAVIANO, 2010; SOUZA, 2022).

A produção agropecuária sustentável desempenha pontos positivos, como a conservação do meio ambiente por intermédio do uso de práticas conservacionistas de solo e água, viabilidade econômica da produção, incentiva o cultivo nas comunidades locais utilizando práticas conservacionistas benéficas ao meio ambiente, proporcionando o fortalecimento do sistema agroecológico.

O processo agroecológico visa elaborar formas e caminhos sustentáveis para a agropecuária, além de conservar e, ou, preservar o meio ambiente para as gerações futuras. Entre as diversas técnicas e práticas recomendadas por esse sistema, pode-se citar a compostagem como uma ferramenta fundamental que determina formas hábeis de diminuir os processos e impactos ambientais causados por resíduos descartados de forma inadequada, diminuindo o descarte de resíduos sólidos em aterros controlados ou sanitários, ou mesmo diretamente na natureza (PEDROSA et al., 2013; SOUZA, 2022).

A compostagem é um dos procedimentos mais antigos no mundo agropecuário, sendo uma ferramenta sustentável com o uso da matéria orgânica. É um processo de mudança dos resíduos orgânicos que serão decompostos com a atuação de agentes químicos e físicos, eliminando microrganismos patogênicos e se tornando matéria orgânica estável (NOGUERA, 2011). De acordo com Buss e Moreto (2019), é uma prática agroecológica que colabora no processo sustentável de produção sem degradar os agroecossistemas.

A quantidade de resíduos gerado no mundo, seja de origem doméstica, industrial ou agroindustrial, acarreta em problemas ambientais, econômicos e sociais. Os chamados resíduos sólidos de origem urbana (RSU) desencadeiam uma série de fatores implícitos que podem prejudicar a saúde da população e afetar a resiliência do meio ambiente (MACEDO; RAMOS, 2015).

✓ O projeto

O presente projeto foi desenvolvido na turma do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Pedro Simão no município de Alegre, ES. Foi utilizada a aplicação metodológica expositiva, demonstrativa, com a temática educação ambiental, agroecologia, tratados de

sustentabilidade mundial e a aplicabilidade de técnicas de construção de uma composteira; sua forma de utilização, insumos gerados nos processos finais e seus resultados.

Exemplificaram-se os benefícios e a importância do reaproveitamento dos resíduos de alimentos decompostos para a sociedade e o meio ambiente. Reafirmou-se, assim, a importância da interdisciplinaridade para aquisição de conhecimento nos temas de EA e agroecologia, proporcionando aos professores e alunos atividades no ambiente escolar em auxílio à sensibilização sobre a questão de resíduos produzidos no ambiente escolar e em suas casas, para a construção de uma consciência ambiental voltada às práticas que irão contribuir para o desenvolvimento de um ambiente mais equilibrado.

2. Revolução Industrial

A substituição da força de trabalho predominante no campo para as cidades, em decorrência da demanda por mão de obra requerida pela Revolução Industrial, foi um dos marcos social que mais caracterizou os Séculos XVIII e XIX (Figura 1).



Figura 1. Migração: do meio rural ao urbano. Fonte: Monteiro e Londres, 2017.

Teve como base a total ausência de regulamentação laboral e a busca desenfreada pela geração de riqueza para os donos das indústrias; a pobreza e a fome se acirraram numa época onde a maioria da população já sobrevivia em

condições de miséria, vivendo em ambientes insalubres, o que tornava baixa a expectativa de vida (BARICELO, 2015).

É importante destacar que as práticas agropecuárias eram repassadas como uma tradição entre os camponeses, técnicas quase milenares, com raras mudanças na forma de cultivo. A dependência da natureza quanto às condições de clima, solo e fertilidade eram as principais condicionantes produtivas. Baricelo e Vian (2019) afirmam que os implementos agrícolas usados até a primeira “Revolução Industrial” pouco se diferenciavam daqueles concebidos há 2000 anos.

Com o incentivo à indústria algodoeira no Século XVIII na Inglaterra, houve o início de inversão sobre o número de pessoas presentes na zona rural, que passaram gradativamente a serem maiores na zona urbana devido ao crescente êxodo rural. Com o aumento do número de indivíduos nas cidades, tornou-se preciso aumentar a produção de alimentos, em um período onde a “previsão de Malthus”⁵ ainda era muito recente e o risco da falta de alimentos assustava as cidades. Deste modo, a busca por métodos e técnicas que aumentassem a produção de alimentos passou a ser um desafio para os agricultores da época (CARVALHO, 2018; SOUZA, 2022).

Logo após os anos que sucederam a Revolução Francesa, alguns avanços foram obtidos no nível tecnológico, tipificando a Primeira Revolução Industrial (1760-1840), que teve como matérias-primas principais o ferro e o carvão. Dentre estes avanços, destaca-se no final do século XVIII a invenção de uma semeadeira para grãos. Inventada por Thomas Coke, este equipamento era capaz de reduzir o gasto com sementes em 54,5 l ha⁻¹ e, em razão da menor densidade de plantas, aumentar a produtividade em 1000 l ha⁻¹ (BARICELO, 2015).

Até os anos da década de 1870, a Europa se destacou como um grande produtor de alimentos, sendo a Inglaterra o país de maior relevância. No entanto, devido a Guerra Civil Americana, os Estados Unidos passaram a necessitar urgentemente de aumentar a produtividade no campo devido à falta de homens para as atividades agrícolas. Paralelamente a esse fato, a necessidade de enviar

⁵ A teoria malthusiana defendia que, mediante ao crescimento acelerado da população mundial, haveria um problema de escassez de alimentos, visto que a perspectiva do crescimento da oferta de alimentos era inferior ao que se previa para população (CARVALHO, 2018).

alimentos para as tropas sem reduzir a oferta para a população em geral. Deste modo, os presidentes americanos passaram a incentivar engenheiros a desenvolverem implementos capazes de compensar a falta de mão de obra nos cultivos (BARICELO; VIAN 2019).

O primeiro implemento agrícola de grande impacto sobre a produção foi o arado de ferro, em substituição ao arado de madeira. Desenvolvido pelo engenheiro “John Deere”, este arado se adaptou melhor as condições de solos americanos, o que reduziu o tempo de seu preparo, aumentando a eficiência do processo. Anos mais tarde, John Deere iria desenvolver o trator com rodas. Em 1896 o uso de máquinas no campo já aumentava a eficiência da atividade agrícola americana em 47,70% (ALVES, 2013).

Além disto, de acordo com esse mesmo autor, o uso de máquinas e implementos aumentou a capacidade do agricultor americano em cultivar suas terras, passando de 2,8 ha em meados de 1850 para 54,6 ha em 1890. Nessa época, o eixo produtivo que se fixou na Europa por séculos, passou a se estabelecer na América do Norte, especificamente nos Estados Unidos.

A importância das máquinas agrícolas para a agricultura americana também pode ser observada quando comparados os números de indústrias dedicadas à produção e a venda de implementos agrícolas: de 31 em 1870 para 127 em 1900. Vê-se, deste modo, que foi crescente o aumento da produtividade agrícola nos Estados Unidos, o que ocasionou uma grande oferta de produtos alimentícios e com baixos preços devido à grande oferta (FRELLER; NICOLETE, 2020).

Embora a oferta de alimentos não fosse mais um problema devido ao grande avanço no uso de máquinas no campo, o incentivo à eficiência e os lucros derivados das vendas dos implementos, lançaram as empresas numa disputa acirrada pelo mercado destes equipamentos, ocasionando uma evolução constante destas maquinarias, sendo este período denominado de Guerra das Colheitadeiras (“Harvesters War”) - influenciou fortemente a Segunda Revolução Industrial (1850 a 1945) (BARICELO; VIAN, 2019).

Após uma readequação de mercado de máquinas após a Guerra das Colheitadeiras, uma nova onda de estímulos neste setor favorecia o surgimento de máquinas e equipamentos mais modernos. Com a melhoria técnica considerável, tendo como melhor exemplo a linha de montagem do trator da Ford

modelo *Fordson* em 1917, foi possível a redução de custos e, assim, facilitar o acesso dos agricultores e este equipamento - fato capaz de difundir e consolidar a operação de aração e gradagem nos EUA e no Canadá (ALVES, 2013).

Um dos últimos avanços obtidos durante a Segunda Revolução Industrial foi a modificação da rodagem dos tratores. Até o final dos anos da década de 1930, as máquinas agrícolas se moviam sobre rodas de ferro, o que causava grande compactação do solo e instabilidade do equipamento. Porém, em 1938 chegou ao mercado americano o trator com rodagem pneumática e, em alguns anos, as cabines para a proteção do operador e os novos sistemas de acoplagem de implementos agrícolas (BARICELO, 2015).

É importante destacar que, após o fim da Segunda Guerra Mundial, surgiu na Europa a necessidade de uso de tratores com maior potência, já que todo o continente estava em reconstrução: grande parte dos campos foi destruída durante as batalhas.

Embora em termos produtivos a Revolução Industrial tenha promovido no campo o surgimento e aperfeiçoamento de máquinas agrícolas, o que aumentou a capacidade produtiva dos agricultores permitindo que mais áreas de cultivo fossem exploradas, não houve nesse período um aprimoramento tecnológico no que se refere ao desenvolvimento de insumos agrícolas, tais como adubos e sementes melhoradas. Tal fato ocorreu apenas na Revolução Verde. Outro ponto que também merece destaque é o fato de que, até então, os impactos das ações do homem sobre a natureza eram pouco considerados.

3. Poluição e degradação ambiental

A poluição e degradação ambiental estão correlacionadas por apresentarem deterioração ou alteração do ambiente: pode ocorrer o esgotamento dos recursos naturais e afetar os ecossistemas. O ser humano é um dos principais responsáveis pelos processos, impactos e externalidades gerados pela poluição e degradação ambiental, podendo ocasionar mudanças naturais em seus aspectos biológicos, físicos e químicos, afetando todo o ecossistema (ALVES; LIMA; FARIAS, 2012; SOUZA, 2021; 2022).

Nas últimas décadas, países de todo o mundo buscam alternativas relacionadas à biodiversidade, às mudanças climáticas e ao desenvolvimento sustentável. No ano de 1992, cerca de 179 países se reuniram no Rio de Janeiro

para tratarem e apresentarem a Agenda 21⁶, resultado de conferências discutidas como a Eco-92 ou a chamada Rio-92 (MATTE, 2011).

O plano de ação determinado pela Agenda 21 e os países participantes procuram elaborar maneiras que retratam questões ambientais e econômicas. Destacaram-se temas de sustentabilidade e modelos de desenvolvimento unidos ao crescimento socioeconômico e ambiental: as questões econômicas foram uma das principais abordagens na Conferência da Agenda 21 (GOMES, 2013).

Posteriormente, nasceu o Acordo de Paris: tratado mundial com o objetivo de diminuir as emissões de gases do Efeito Estufa. Tem como objetivo fortalecer a resposta global à ameaça das mudanças climáticas. Foi aprovado pelos 195 países participantes que se comprometeram em reduzir tais emissões, o que poderá evitar que a temperatura média da Terra se eleve em níveis superiores a 2°C, tendo como referência os níveis pré-industriais (PEIXER, 2019).

O Protocolo de Kyoto foi substituído pelo Acordo de Paris em 2016, a fim de desempenhar o processo de mediar as condições das mudanças climáticas. Dessa forma, existem alternativas que podem proporcionar a redução dos fatores que contribuem para o aquecimento global. De acordo com Bruno e Fraga (2018):

É possível citar: a reduzir o desmatamento, investir no reflorestamento e na conservação de áreas naturais, incentivar o uso de energias renováveis não convencionais (solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas), preferir utilizar biocombustíveis (etanol, biodiesel) a combustíveis fósseis (gasolina, óleo diesel), investir na redução do consumo de energia e na eficiência energética, reduzir, reaproveitar e reciclar materiais, investir em tecnologias de baixo carbono, melhorar o transporte público com baixa emissão de gases de efeito estufa, são algumas das possibilidades.

O Brasil apresenta fatores preocupantes com o seu desenvolvimento em relação aos fatores ambiental, social e econômico: no período de 2019 a 2022,

⁶ A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (GOMES, 2013).

demonstrou falta de cumprimento das relações exigidas pelo Acordo de Paris em relação ao meio ambiente. Os resultados no cenário brasileiro analisam o aumento do desmatamento: dessa forma, a destruição da vegetação, alterando o ambiente e o clima, proporcionando o aumento da emissão de gases de efeito estufa (VIEIRA; BEM, 2021).

Medidas relativamente simples podem ser adotadas. No ano de 2007 foi criada uma parceria entre o Centro de Educação Tecnológica de Rio Pomba – CEFET/RIO POMBA, MG, e o Instituto Ambiental Costa Verde – IACV. Ficou demonstrada a responsabilidade socioambiental nas ações conjuntas realizadas com a educação e capacitação de jovens alunos às novas fontes alternativas de trabalho, renda e proteção ao meio ambiente. Serviu de exemplo para executar uma nova metodologia e elevar o Estado em Excelência de Ensino (Figura 2).



Figura 2. Semana da ELETRONUCLEAR, Angra dos Reis, RJ: cursos, palestras e dias de campo sobre recuperação de áreas degradadas. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

Para essa instância, foi realizado um intercâmbio cultural e tecnológico entre o IACV e o CEFET–RP/MG. Constou da visita de 40 alunos do Curso de Meio Ambiente para estágio de fim de curso em Angra dos Reis, RJ; além de professores/monitores do CIEP-495 Guignard, escola de segundo grau do município de Angra dos Reis, RJ, para capacitação e treinamento em Sistemas

Agroflorestais nas instalações do CEFET em Rio Pomba/MG. Foram recebidos, também, 40 alunos por professores e monitores do CEFET-RP (Figura 3).



Figura 3. Semana da ELETRONUCLEAR, Angra dos Reis, RJ: plantio de espécies arbóreas para a recuperação de áreas degradadas. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

4. Desenvolvimento Sustentável

O surgimento do desenvolvimento sustentável está atrelado com a globalização e evolução do mundo e suas ocorrências que desencadeiam mudanças em todo ambiente terrestre. Durante os anos das décadas de 1960 e 1970, passaram a existir diversas ideias e propostas relacionadas ao futuro: como as relações entre clima e sociedade diante o meio natural (CARVALHO, 2015).

O capitalismo apresenta como princípio a produção de lucro e acúmulo de bens, ilimitados. Esse modelo de produção e consumo traz inúmeros problemas para o ecossistema, contradizendo as demandas relativas à sustentabilidade, afetando as relações ecológicas (SCOTT, 2019).

O desenvolvimento sustentável é uma construção que une os pilares econômico, social e ambiental, para que esse conjunto atue promovendo a sustentabilidade. Com isso, as organizações mundiais necessitam fortalecer o

plano de desenvolvimento sustentável para que o crescimento do futuro seja direcionado a um andamento econômico e socioambiental (SACHS, 2009).

O desenvolvimento sustentável busca ajustar o avanço econômico à prevenção ambiental, de forma que preservem as gerações futuras e diminua a pobreza da população (SANTOS; SILVA, 2015) (Figura 4).



Figura 4. Semana da ELETRONUCLEAR, Angra dos Reis, RJ. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

A instabilidade ambiental necessita de manifestações governamentais para controlar e potencializar ações socioambientais. O progresso que o desenvolvimento sustentável busca e tem como objetivo em conjunto com os países participantes das nações unidas é procurar alcançar e diminuir o índice de fome e pobreza no mundo (WEBER; SILVA, 2021) (Figura 5).

De acordo com esses mesmos autores, um dos caminhos que proporciona uma vida mais digna visando a preservação e, ou, a conservação do meio ambiente, por meio de práticas ecológicas, promovem o desenvolvimento sustentável: pode ser que seja o fator crucial encarregado de proporcionar a sustentabilidade ao mundo, por meio de equidade econômica e socioambiental.

A identificação de desenvolvimento sustentável e educação ambiental devem caminhar paralelamente, buscando estimular a população em práticas

ecológicas ao serem construídas no decorrer dos anos e promovendo mudanças no costume (SANTOS; SILVA, 2015).



Figura 5. ELETRONUCLEAR, Angra dos Reis, RJ: cursos, palestras e práticas sobre recuperação de áreas degradadas. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

Nesse contexto, nas pequenas propriedades no âmbito de produção familiar, seus proprietários vêm lutando para permanecer na terra, explorando também culturas tais como milho, hortaliças, café e frutas. Também, há *hobbies* como jardinagem, que gera resíduos tais como: podas, restos das roçadas e aparas de gramas - podem ser reutilizados, retornando ao solo na forma de compostos orgânicos, reduzindo assim os custos de produção com insumos químicos e minimizando os impactos ambientais de sua disposição inadequada (NAIDU; SIDDIQUI; IDRIS, 2020).

Na Agricultura Familiar e nos sistemas agroecológicos de produção, reciclar, é uma opção para minimizar a insegurança alimentar: não só no Brasil, mas em todo o mundo, estimulando modelos sustentáveis de geração de renda, produção de comida e gestão do solo e da água de forma menos predatória. O sistema de produção agroecológico, traz consigo a chance de unir alimentação saudável com justiça social (PÁSCHOA, 2022).

5. Agroecologia

Agroecologia, além de tratar do manejo ecologicamente responsável dos recursos naturais, constitui-se em um campo do conhecimento científico que, partindo de um enfoque holístico e de uma abordagem sistêmica, pretende contribuir para que as sociedades possam redirecionar o curso alterado da coevolução social e ecológica, nas suas mais diferentes inter-relações e mútua influência (CAPORAL, 2009).

Para esse mesmo autor, é uma ciência que gera conhecimento a respeito do entendimento ecológico relacionados às práticas agropecuárias. Dessa forma, a agroecologia não pode ser considerada apenas uma opção de prática agrícola, mas uma fonte de sustentabilidade e de conhecimento para o planeta.

A Agroecologia vem sendo um fator fundamental relacionando e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da sociedade, por meio de práticas realizadas. Segundo Souza (2022), a agroecologia incentiva na valorização, construção e crescimento das famílias agricultoras, proporcionando a produção e alimentação de pequenas propriedades (Figura 6).



Figura 6. Costa Verde, Angra dos Reis, RJ: construção de canteiros e plantio de horta orgânica. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

O processo de transição agroecológica visa elaborar formas e caminhos sustentáveis para a agropecuária, além de conservar e, ou, preservar o ambiente para as gerações futuras. A agricultura familiar se adequa a esse modelo de

produção, contribuindo em seus aspectos socioambientais e socioeconômicos, beneficiando o agroecossistema e as famílias rurais: por estar diretamente acessível à agroecologia, pode compreender e desenvolver características que proporcionem a saúde humana e a sustentabilidade ambiental (AZEVEDO; PELICIONI, 2011).

A agricultura familiar, simultaneamente à agroecologia, pode gerar práticas economicamente viáveis e sustentáveis. Por conta disso, está presente nas mesas dos brasileiros, produzindo alimentos da cesta básica. Com esse modelo de produção que serão atendidas as necessidades do mundo atual, provocando menos processos e impactos ao meio ambiente (MONTEIRO; LONDRES, 2017).

A produção agropecuária sustentável desempenha pontos positivos: a) por agredir menos o meio ambiente; b) ser mais viável economicamente; c) incentivar a comunidade local no cultivo; e d) utilizar práticas estáveis ao ecossistema, proporcionando o fortalecimento do sistema agroecológico para que diminua os problemas socioambientais. A agricultura familiar é o melhor cenário para o domínio econômico, social e ambiental, pois providencia geração de renda e fornece alimentos agroecológicos que não causam mal à saúde e ao meio ambiente. Dessa forma, de acordo com Weber e Silva (2021):

Como forma de potencializar as ações da agricultura familiar em prol do desenvolvimento sustentável, está o resgate de formas de produção mais sustentáveis por meio da produção orgânica e agroecológica. Considera-se que a produção orgânica está centrada na geração de alimentos livres de agrotóxicos, enquanto a agroecológica abarca também aspectos sociais e culturais.

O sistema agroecológico favorece o agroecossistema. A prática da agricultura orgânica, por exemplo, pode passar a existir no contexto de produção das pequenas propriedades e cultivos familiar.

6. Compostagem

O crescimento desordenado da população motiva uma maior produção de resíduos, principalmente nas cidades: seja pela presença de casas, indústrias,

comércio que os geram e muitas vezes os descartam de forma inadequada. De acordo com Pires e Ferrão (2017), resíduo é definido por todo material que não é aproveitado durante a produção ou consumo, que não apresenta valor de uso ou mercado, podendo resultar em danos ao meio ambiente quando não manejado de forma apropriada (Figura 7).

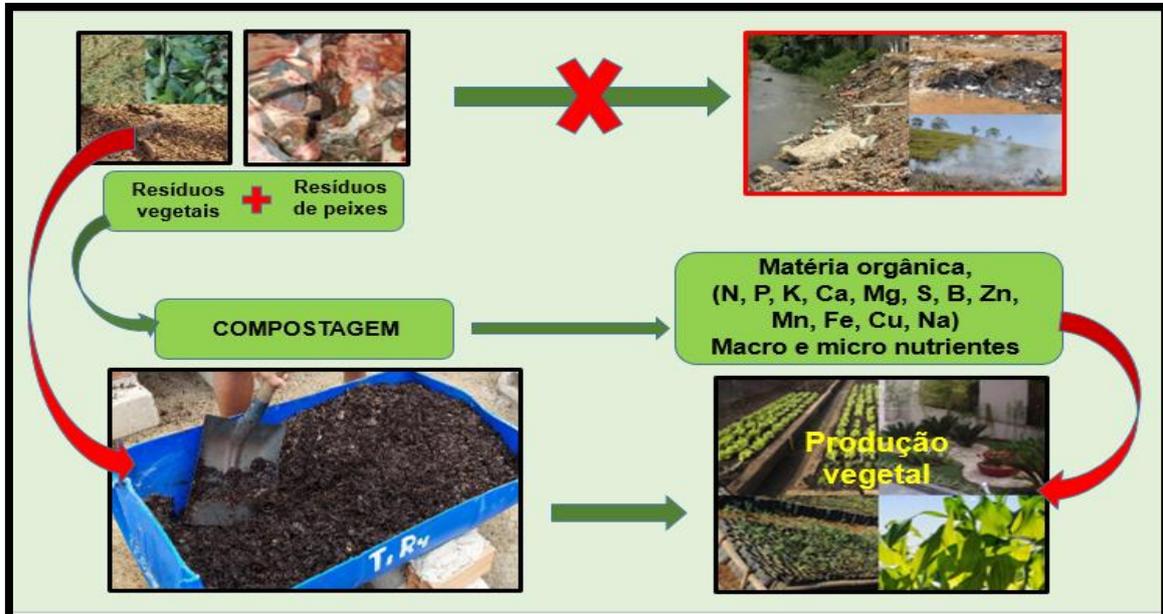


Figura 7. Fluxograma do aproveitamento de resíduos vegetais e da tilapicultura. Fonte: Páschoa, Mendonça e Souza, 2022.

O órgão responsável pela normatização dos resíduos no Brasil é o Ministério do Meio Ambiente, por intermédio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que em 2002, publicou a Resolução nº 313 de 29 de outubro. Esta resolução dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, trazendo como finalidade fomentar a política de gestão dos resíduos, de modo a considerar que todo resíduo sólido gerado pela indústria, seja parte integrante no processo de licenciamento ambiental (BRASIL, 2002).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, os resíduos devem ser preferencialmente reciclados (Figura 8). A sua alta concentração de matéria orgânica pode prejudicar a sanidade do solo e as fontes de água daquela região, além de causar riscos à saúde pública, quando dispostos nos recursos hídricos (BRASIL – PNRS, 2010).



Figura 8. Costa Verde, Angra dos Reis, RJ: composto produzido com aparas de grama sendo usado no plantio de árvores. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

Assim, a compostagem é um método que contribui com a redução de processos impactantes ao meio ambiente: atua de forma a viabilizar e destinar os resíduos orgânicos diversos a serem reciclados e reaproveitados (MARQUES et al., 2017).

O fato é que um dos grandes problemas mundiais atuais se refere ao destino inadequado dos resíduos sólidos. Com o passar dos anos, o crescimento populacional cresceu de forma descontrolada, desencadeando processos e impactos ambientais, transformando-se em uma questão de saúde pública. Destaca-se a grande quantidade de resíduos gerados no Brasil, acometendo diferentes impactos, como a contaminação da água e do solo, promovendo o surgimento de doenças que prejudicam os aspectos socioeconômicos e ambientais (YAVORSKI; LEMES; BORINO, 2016).

A média brasileira de resíduos produzidos por habitante urbano é de cerca de 1 Kg dia^{-1} . Dados da ABRELPE (2017) revelam que a geração de resíduo sólido urbano (RSU) em 2017 foi de $256.941 \text{ t dia}^{-1}$, que corresponde a $1,2 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

No Brasil, em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de RSU. Em 2022, foi produzido 81,8 milhões de toneladas de resíduos nas áreas urbanas, o

que representa 224 mil toneladas diárias. Cada pessoa gerou, em média, 381 kg ano⁻¹, o que significa mais de 1 kg⁻¹ hab⁻¹ dia⁻¹ (ABRELPE, 2022).

Por outro lado, o Brasil que é um país rural, possui um número significativo de produtores com dificuldades e limitações para permanecerem em sua atividade. O custo de produção sofre altas constantes, como no caso dos fertilizantes minerais. Diante da preocupação com a produção de alimentos em momento de profundas transformações climáticas, surge a importância da valorização deste segmento social.

A agricultura familiar e os sistemas agroecológicos de produção são soluções possíveis para dar fim à insegurança alimentar: não só no Brasil, mas também em nível mundial - desde que estimule a adoção de modelos sustentáveis de geração de renda, produção de alimentos e gestão dos recursos naturais de forma menos predatória. Esse modelo de produção traz consigo a chance de unir alimentação saudável com justiça social. A prática da compostagem pode contribuir na consolidação desse processo (Figura 9).



Figura 9. ELETRONUCLEAR, Costa Verde, Angra dos Reis, RJ: composto produzido a partir de aparas de grama. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

Dessa forma, a compostagem é uma alternativa de prática agroecológica que proporciona o bem-estar ambiental, a fim de reduzir os impactos causados aos agroecossistemas. O seu objetivo principal é diminuir o volume de resíduos orgânicos acumulados, que poderiam desencadear impactos econômicos,

sociais e ambientais (PEDROSA et al., 2013). O processo da compostagem promove a decomposição e transformação dos resíduos em matéria orgânica: o adubo natural pode ser utilizado como fertilizante orgânico (PIRES; FERRÃO, 2017).

A técnica de compostagem propicia a decomposição dos RSU, por exemplo, por meio da atuação de microrganismos presentes, sendo de grande importância sua utilização em atividades agropecuárias. Dessa forma, o desenvolvimento de práticas sustentáveis por meio da conservação e organização, apresenta a compostagem como uma ferramenta que favorece a sustentabilidade (YAVORSKI; LEMES; BORINO, 2016).

Os instrumentos adotados no processo de compostagem buscam produzir insumos que não agredam o solo, sendo um processo que atua na contribuição do bem-estar ambiental. Dessa forma, a compostagem aponta meios para diminuir a quantidade de resíduos orgânicos destinados aos “lixões”, aterros controlados e sanitários, via produção de adubo natural que será utilizado em áreas de cultivo ou mesmo na recuperação de áreas degradadas (GUIMARÃES; MOREIRA; MIRANDA, 2020).

Entre os principais benefícios da compostagem como técnica de reaproveitamento de resíduos, citam-se (NASCIMENTO et al., 2005):

- Estimula a melhoria da qualidade do solo;
- Promove o aumento da matéria orgânica ajudando na retenção e drenagem do solo melhorando sua aeração;
- Aumenta a capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão;
- Dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras;
- Aumenta o número de minhocas, insetos e microrganismos desejáveis, devido à presença de matéria orgânica, reduzindo a incidência de doenças de plantas;
- Mantêm a temperatura e os níveis de acidez do solo;
- Ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de microrganismos benéficos às culturas agrícolas;
- Promove o aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- Proporciona um processo ambientalmente seguro;
- Promove a redução do odor;
- Propicia economia no transporte.

6.1. Manejo do processo de compostagem

A reciclagem evita que os nutrientes se acumulem em locais inadequados, podendo causar processos, impactos e externalidades ambientais, enquanto poderiam ser utilizados na produção vegetal ou na recuperação de áreas degradadas. No entanto, antes de serem empregados na produção agropecuária, esses materiais orgânicos devem passar por processos de estabilização e descontaminação. Uma das alternativas que pode contribuir para a solução deste problema é o método da compostagem (Figura 10).



Figura 10. Processo de compostagem rápida com movimentação mecânica em galpão aberto. Fonte: FOLHITO, 2021.

A compostagem consiste em um processo de decomposição aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica, com o objetivo de obtenção de um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo, além de não oferecer riscos ao meio ambiente, também é uma forma de reciclar nutrientes para as plantas (VALENTE et al., 2009).

É um método econômico e ambientalmente correto de destino da matéria orgânica, exigindo menor uso de mão de obra, quando comparado a outros métodos; embora necessite de critérios rígidos para a sua execução: é uma alternativa viável para o produtor. Pode ser feito com o uso de bombonas cortadas ou galões de plástico (Figura 11) (PAIVA, 2006).



Figura 11. Galões de plásticos utilizados para composteira: seta indicando local do furo na parte inferior. Fonte: Páschoa, Mendonça e Souza, 2022.

Nesse contexto, o desenvolvimento de práticas sustentáveis que permitam o correto gerenciamento dos resíduos urbanos e a aplicação de tecnologias viáveis e aplicáveis, pode contribuir para uma maior oferta e diversificação de produtos ao mercado, incremento na geração de emprego e renda, além da sustentabilidade da cadeia produtiva (SILVA et al., 2013).

Dentro do cenário de sustentabilidade atual, de acordo com esses mesmos autores, a compostagem é uma tecnologia simples a ser considerada na gestão de resíduos sólidos no meio rural, sendo considerada como uma adequada ferramenta de educação ambiental. Destaca-se ainda como fator positivo a produção de composto orgânico, rico em nutrientes que são assimiláveis às plantas. Se utilizada em maior escala para adubação, contribui para a redução do consumo de fertilizantes químicos (Figura 12).

Também, contribui na valorização e conscientização da geração de resíduos. Além disso, a compostagem está diretamente ligada ao movimento de redução de geração dos resíduos, conhecido como *waste prevention* (EUROPEAN COMMISSION, 2016). Ainda, diminuem os volumes que seriam dispostos em aterros, reduzindo a demanda de transporte e impactos ao ambiente dentre outros sendo uma ferramenta de educação ambiental (VICH et al., 2017).



Figura 12. Angra dos Reis, RJ: construção de canteiros e plantio de horta orgânica com o uso de composto. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2007).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (2010) analisa que a reciclagem dos resíduos sólidos deve ser incentivada, facilitada e expandida no país: para reduzir o consumo de matérias-primas, recursos naturais renováveis e não renováveis, energia elétrica e água. A sua alta concentração de matéria orgânica pode prejudicar a sanidade do solo e as fontes de água de uma dada região, além de causar riscos à saúde pública, quando dispostos nos recursos hídricos (BRASIL – PNRS, 2010).

O processo da compostagem ocorre após serem colocados e misturados resíduos orgânicos como produto de origem animal, restos alimentos, folhas, galhos e todo qualquer material que possa ser decomposto de forma natural. Devem ser montadas camadas com os resíduos. No final, os decompositores são responsáveis pela sua decomposição (SANES et al., 2015). Dessa forma, as atuações dos microrganismos estão relacionadas com fatores físicos, químicos e biológicos ligados diretamente no desempenho da compostagem (MONTEIRO, 2019) (Figura 13).

A produção e manejo da composteira compreende a realização de etapas, até que o produto final, chamado composto orgânico, seja de boa qualidade. É necessário o controle da temperatura, onde pode se utilizar, de forma auxiliar, uma barra de ferro para aferir a temperatura do composto, durante uma vez na

semana, para que sejam oferecidas melhores condições abióticas aos organismos vivos e evitar o mau cheiro (SOUSA, 2013).



Figura 13. Resíduos orgânicos. Fonte: Revista Globo Rural, 2019.

Contudo, de forma adequada, o monitoramento da temperatura ambiente deve ser aferido com termômetro de mercúrio e no interior das unidades com termômetro digital culinário, com variação de leitura de -50°C a 300°C , com bulbo (haste) de 30 cm, leitura rápida. Deve ser introduzido no centro da pilha do composto por 2 minutos, realizadas diariamente: devido ao comportamento da temperatura ser mais intenso nos primeiros trinta dias. Após esse período, fazer de três em três dias até ao fim do período da compostagem: em torno de 120 dias, sempre no mesmo horário (PÁSCHOA; MENDONÇA; SOUZA, 2022) (Figura 14).



Figura 14. Termômetro digital (A), Termômetro digital introduzido no centro da composteira (B). Fonte: Páschoa, 2022.

Uma forma de melhorar a qualidade do composto a ser produzido, consiste em monitorar, também, a umidade. Sempre após esse monitoramento, o chorume deve ser coletado, coado e acrescido de água bruta e regados (irrigador plástico) sobre a respectiva composteira, durante noventa dias. Após esse período, irrigar apenas com o chorume coletado, até o período final da compostagem. (PÁSCHOA, 2022).

O controle da umidade foi realizado com o teste de mão, prático para o agricultor (Figura 15). Consiste em pegar com a mão um pouco de material do interior da leira e comprimi-lo com bastante força. O ponto ideal da umidade é quando a água começa a verter entre os dedos, conforme orientação de Kiehl (2004).

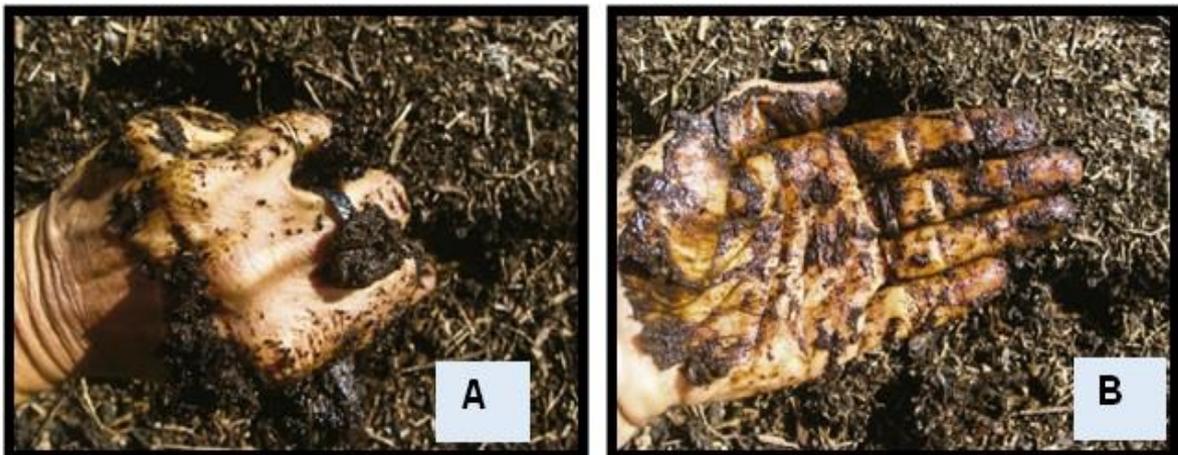


Figura 15. Aperto do composto com a mão (A), observando a umidade (B). Fonte: Páschoa, Mendonça e Souza, 2022.

Durante a realização do manejo, ocorrem processos físicos, químicos e biológicos na transformação da matéria orgânica para o adubo. Diante disso, são necessário cerca de 4 meses para obtenção do produto final. Ao ser manejado e observado características como coloração e cheiro agradável, indica uma qualidade favorável (SOUSA, 2013).

O reviramento do composto para auxiliar o controle de temperatura e da umidade, deve ser realizado com a maior frequência possível, ao menos de 15 em 15 dias, observando a umidade com as mãos (PÁSCHOA, 2022) (Figura 16).



Figura 16. Realização dos reviramentos (A) e (B). Fonte: Páschoa, Mendonça e Souza, 2022.

6.2 Etapas da compostagem

O sistema da compostagem passa por três etapas, de forma geral: mesofílica, termofílica e maturação.

Inicia-se pela fase mesofílica, com a atuação de bactérias e fungos, por cerca de 15 dias: a temperatura pode chegar a 40°C, quando se inicia o processo de transformação da matéria orgânica. A etapa seguinte, a termofílica, é capaz de eliminar organismos patogênicos que podem ocasionar doenças: as temperaturas podem chegar a 65°C. Por último, a etapa de maturação, com baixas temperaturas, como na etapa mesofílica, quando se obtém a estabilização no produto (ROSA et al., 2019).

Há de se considerar, que um conjunto de determinados fatores são fundamentais para todo o desenvolvimento e transformação da matéria orgânica, que proporcionam a realização e as condições necessárias para o recurso, tais como temperatura, pH, relação C/N, umidade e aeração: por meio do monitoramento, propiciam o desenvolvimento da compostagem que acarrete em um produto de boa qualidade (CORRÊA; RICCI, 2016).

Outro fator que está relacionado à compostagem e o desempenho dos microrganismos é o elemento oxigênio. A relação carbono e nitrogênio são os

elementos classificados como macronutrientes indispensáveis para os microrganismos no processo (MONTEIRO, 2019).

Alguns comentários necessários para a boa compreensão do processo de compostagem:

✓ **Temperatura**

O processo da compostagem produz alterações nas temperaturas durante o tempo. Essas alterações dependem: tamanho da pilha, umidade, quantidade de oxigênio, quantidade de carbono, quantidade nitrogênio e temperatura ambiente. Caso as condições sejam adequadas, alcança-se a temperatura de 40 a 50°C dentro de dois a três dias, podendo atingir 60 a 70°C em 15 dias (KIEHL, 1985; FORTES NETO, 1992).

A temperatura é um fator importante, pois está relacionada à rapidez do processo de biodegradação e à eliminação de patógenos (BETTIOL; CAMARGO, 2000). Quando a temperatura da pilha for menor ou igual à temperatura ambiente, o processo de compostagem terminou e o composto está pronto. Na Figura 17 percebe-se o comportamento da temperatura nas diferentes fases da compostagem, relacionada com o tempo.

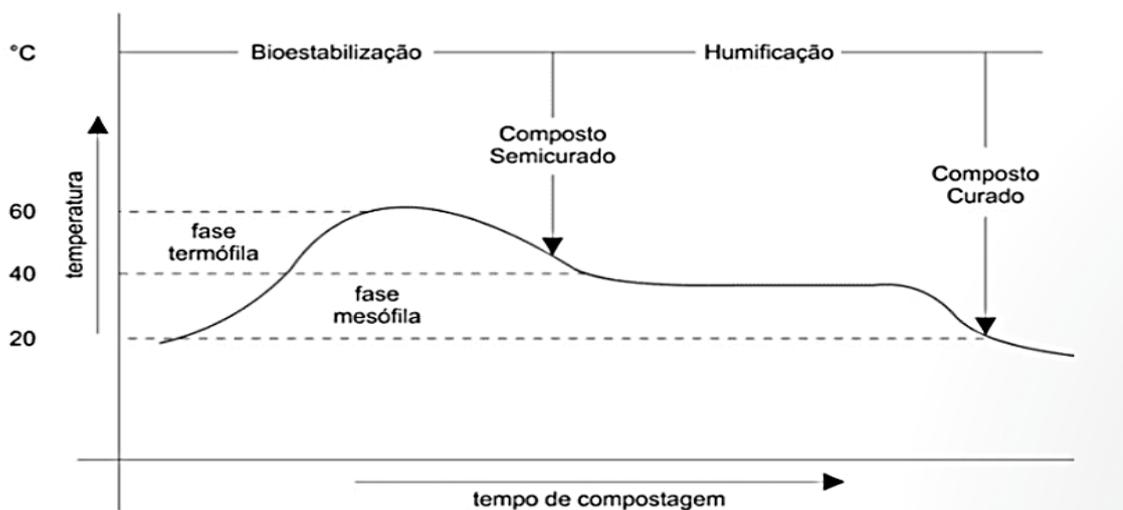


Figura 17. Fases da compostagem. Fonte: D'almeida e Vilhena, 2000.

✓ **Em resumo:**

a) Fase mesofílica: começa com a decomposição da matéria orgânica, liberando calor e vapor d'água, com formação de ácidos e toxinas de curta duração

(CARVALHO, 2015). As temperaturas podem atingir 40°C e ter duração entre 2 e 5 dias (OLIVEIRA SARTORI; GARCEZ, 2008).

b) Fase termofílica (bioestabilização): é a fase com degradação ativa, quando o material atinge a temperatura máxima, superior a 40°C e onde as reações bioquímicas são mais intensas. A duração depende de fatores ambientais, natureza e quantidade dos resíduos, população microbiana e balanço de nutrientes (CARVALHO, 2015).

c) Fase de maturação (humificação): é o período de estabilização que produz um composto maturado, estabilizado e humificado, livre de toxicidade (OLIVEIRA SARTORI; GARCEZ, 2008). Pode durar entre 30 e 60 dias (CARVALHO, 2015). Se realizada de maneira correta, o composto final apresentará coloração escura e odor similar ao de terra (SILVA et al., 2013).

✓ **Percentual de umidade e teor de redução final do composto**

A água é essencial para a atividade dos microrganismos e a necessitam para suas atividades metabólicas. A umidade do composto deve possibilitar o transporte de nutrientes, sem alterar as trocas gasosas e condições aeróbias. No composto, o índice ideal de umidade, geralmente, pode variar de 50 a 60%; a manutenção da umidade pode ser realizada por meio da mistura criteriosa dos componentes ou da adição de água. Índices de umidade maiores que 65%, propiciam a ocupação da água nos espaços vazios do meio, o que impede a circulação livre do oxigênio provocando anaerobiose (SOARES et al., 2017).

Deve-se observar a porosidade e estrutura do material, sempre objetivando satisfazer a demanda microbiológica por oxigênio. As partículas da massa em compostagem devem se situar entre 10 e 50 mm (PEREIRA NETO, 2007).

Quando o índice de umidade de um composto é inferior a 40%, a atividade biológica e a velocidade de biodegradação são inibidas. Contudo, como há perdas de água em função da aeração, geralmente, o índice de umidade do composto diminui ao longo do processo (PIRES, 2013).

Nesse contexto, o índice de umidade deve ser monitorado durante a compostagem a fim de que o processo se desenvolva adequadamente (FERNANDES; SILVA, 1999).

A Legislação Brasileira delimita o valor de 40% com tolerância até 44% e teor no mínimo de umidade em 25% (NASCIMENTO et al., 2005).

✓ **Aeração**

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição aeróbica da matéria orgânica. É classificada como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura, velocidade de oxidação, liberação de odores e reduzir o excesso de umidade (PEIXOTO, 1988).

A disponibilidade de oxigênio melhora as condições do processo, evitando mau cheiro, atração de vetores e ocasiona a oxidação mais rápida da matéria orgânica (MASSUKADO, 2008). A aeração pode ser realizada de forma natural, por meio de reviramento manual ou acelerada, em que aeração é forçada por tubulações que injetam ar nas leiras (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000).

✓ **Relação carbono/nitrogênio (C/N)**

Os microrganismos necessitam da presença de macro e micronutrientes para suas atividades metabólicas. Carbono (C) e Nitrogênio (N) são de extrema importância. O C é fonte de energia e unidade estrutural básica das moléculas orgânicas, promovendo o crescimento microbiano; já o N é essencial na síntese proteica (BATISTA; BATISTA, 2007).

Quando presente em condições aeróbias, parte do C é liberada na forma de gás carbônico (CO₂) e o restante é utilizado com o N durante o processo de crescimento microbiano; é mais intensa na fase termofílica da compostagem (BATISTA; BATISTA, 2007).

O consumo de C pelos microrganismos no processo é aproximadamente 15 a 30 vezes maior do que o de N (KIEHL, 2004). Tendo o valor inicial de 30:1, decaindo ao longo do tempo, podendo finalizar entre 10:1 a 15:1 (KUMAR *et al.*, 2009).

A relação C/N depende da dosagem dos materiais adicionados nas composteiras. Geralmente, resíduos palhosos, como vegetais secos, são fontes de C; enquanto excrementos e legumes e frutas frescas, ricos em N. Materiais com alta relação C/N, a base de madeira, conferem estrutura aos volumes de resíduos e são comumente utilizados. Relações C/N inferiores a 30:1 possuem

excesso de N. Assim, é necessária a mistura de outros materiais, ricos em C, para balancear o processo (INÁCIO; MILLER, 2009).

O acompanhamento da relação C/N durante a compostagem proporciona conhecer o andamento do processo, informando quando o composto atingiu as fases ou se já está estabilizado. A diminuição da relação ocorre ao longo do processo, pois as perdas de C são superiores as de N (KIEHL, 2004). Conforme esse mesmo autor, as relações C/N que podem ocorrer no processo são:

- Relação C/N abaixo de 10:1: pode haver perda de N por volatilização na forma de amônia (NH_3) e formação de odor.
- Relação C/N entre 25:1 a 30:1: considerada ideal para o processo da compostagem.
- Relação C/N entre 30:1 a 50:1: permite uma decomposição mais acelerada.
- Relação C/N acima de 50:1: deficiência de N, tempo de maturação mais prolongado.

A relação C/N influenciará na qualidade do composto. Se for muito alta, o processo poderá não ocorrer. Por outro lado, se for muito baixa, haverá perda de N na forma de amônia, dificultando o processo e resultando em odores e vetores (SILVA, 2016).

Quando o composto final é incorporado ao solo, relações C/N muito altas ou baixas podem ocasionar problemas às culturas. Se for muito baixa, ocorrerá desprendimento de amônia e danos à vegetação. Se for muito alta, haverá consumo de N do solo pelos microrganismos, causando deficiência temporária às plantas (KIEHL, 2004).

6.3. Benefícios sociais e ambientais da compostagem

Diante de tantos impactos ocasionados pelo homem, afetando os mais diversos ecossistemas, a compostagem é uma alternativa viável, econômica e social proporcionando sustentabilidade. Além disso, questões importantes relacionadas com o meio ambiente, estão sendo tratadas em contexto mundial (LOPES; POMPEU, 2014).

Os resíduos orgânicos domésticos podem ser reaproveitados por intermédio da compostagem (Figura 18). O composto orgânico é transformado a partir dos resíduos orgânicos, apresentando características propícias para o uso como cor escura, leve e bom cheiro para ser utilizado (MONTEIRO, 2016).



Figura 18. Abóbora se desenvolvendo sobre composto. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

A compostagem é considerada uma prática sustentável que visa diminuir impactos causados no ambiente. A utilização de resíduos domésticos é uma forma que procura contribuir com uma perspectiva ecológica. Dessa forma, diminui a quantidade de resíduos destinados a aterros e lixões, favorece o tempo de vida dos aterros sanitários, realiza a reciclagem de nutrientes, produção de adubo, minimiza a poluição do solo e da água, dentre outros (MONTEIRO, 2016).

Dessa forma, a produção de composteira doméstica traz vários benefícios, como a diminuição da quantidade de resíduos orgânicos para o descarte em aterros sanitários, reduz gastos públicos, contaminação do solo e da água por chorume que é um efluente líquido gerado pela putrefação de resíduos orgânicos, proliferação de pragas e doenças e ainda podendo se tornar um meio econômico e social com a geração de renda por meio da produção de adubo orgânico, que pode ser utilizado em hortas e plantações agrícolas.

O processo utilizado na compostagem traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a saúde da sociedade, minimizando os processos e impactos ambientais e garantindo melhor qualidade de vida às gerações futuras (Figura 19) (MELO; DUARTE, 2018).



Figura 19. Adubo orgânico. Fonte: Ciclovivo, 2018.

O presente projeto foi desenvolvido na turma do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Pedro Simão no município de Alegre, ES. Foi utilizada a aplicação metodológica expositiva, demonstrativa, com a temática educação ambiental, agroecologia, tratados de sustentabilidade mundial e a aplicabilidade de técnicas de construção de uma composteira; sua forma de utilização, insumos gerados nos processos finais e seus resultados.

Para a produção de composteira doméstica, utilizaram-se basicamente três baldes sobrepostos: nos dois primeiros baldes, colocaram-se os compostos com furos nos fundos e laterais para a circulação de oxigênio; e o último balde, sem furos para a coleta do chorume produzido, onde foi instalada uma torneira para facilitar o manuseio e o escoamento do resíduo final (Figura 20).



Figura 20. Modelo de composteira doméstica. Fonte: EMBRAPA, 2019.

7. Considerações Finais

O presente projeto foi desenvolvido na turma do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Pedro Simão no município de Alegre, ES. Exemplificaram-se os benefícios e a importância do reaproveitamento dos resíduos de alimentos decompostos para a sociedade e o meio ambiente.

Reafirmou-se, assim, a importância da interdisciplinaridade para aquisição de conhecimento nos temas de EA, agricultura familiar e agroecologia, proporcionando aos professores e alunos atividades no ambiente escolar em auxílio à sensibilização sobre a questão de resíduos produzidos no ambiente escolar e em suas casas, para a construção de uma consciência ambiental voltada às práticas que irão contribuir para o desenvolvimento de um ambiente mais equilibrado.

Durante a execução do trabalho, procuraram-se discutir a influência da geração de resíduos sólidos na degradação do meio ambiente: em pequenas propriedades rurais, identificar as formas de gerenciamento existentes e propor alternativas tecnológicas visando melhorar o atual sistema.

O processo de compostagem objetiva a reciclagem por intermédio da decomposição de alimentos orgânicos, transformando a matéria orgânica em adubo rico em nutrientes, que pode ser utilizado para fertilizar e condicionar os solos, podendo ser aplicado em qualquer tipo de cultura, tais como jardins, e atividades agrícolas.

Dessa forma, sugerem-se estudos que busquem elucidar a viabilidade do aproveitamento de resíduos gerados agronomicamente, para aprofundar o conhecimento sobre a sua importância ambiental. Há de se considerar que o composto, seus nutrientes e as características do solo podem ser alterados ou afetados pelas condições edafoclimáticas.

A compostagem pode ser considerada uma técnica agroecológica: auxilia nos processos de produção agrícola e na base econômica de uma propriedade por meio de seu produto final - o adubo orgânico. Sua base inicial se dá no reaproveitamento de resíduos orgânicos em função da melhoria da qualidade do meio ambiente em que se vivem, evitando danos como contaminação do solo e da água, proliferação de pragas e doenças, provenientes da propriedade rural ou da sociedade em geral.

Para ampliar os conhecimentos em relação à compostagem na produção orgânica, destaca-se a importância da Educação Ambiental associada à Agroecologia, como ferramentas interdisciplinares para a aquisição de conhecimento, buscando desenvolver por meio da sensibilização, a consciência sobre as práticas de compostagem e seus benefícios ao meio ambiente.

A Educação Ambiental, seja em qual segmento for aplicada, é a base fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade mais consciente sobre as questões ambientais. Práticas diárias podem ser aplicadas para a segurança de viver em um mundo ecologicamente equilibrado e mais justo para todos.

8. Referências bibliográficas

ABRELPE - **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2017. Disponível em: https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

ABRELPE - **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2022. Disponível em: https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2022.pdf. Acesso em: 25 mar. 2023.

ALVES, C. T. **A Revolução Verde na mesorregião noroeste do RS (1930-1970)**. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.

ALVES, T. L. B.; LIMA, V. L. A. de; FARIAS, A. A. de. Impactos Ambientais no rio Paraíba na área do município de Caraúbas, PB: região contemplada pela integração com a bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 13, n. 43, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16758>. Acesso em: 8 nov. 2022.

AZEVEDO, E.; PELICIONI, M. C. F. **Promoção da saúde, sustentabilidade e agroecologia**: uma discussão Inter setorial. 2011. DOI: 10.1590/S0104-12902011000300016

BARICELO, L. G. **A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas**: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2015.

BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. DE F. Indústria de máquinas agrícolas: um panorama histórico da formação ao atual estágio de desenvolvimento. **História e Economia**, v. 22, n. 2, p. 28-35, 2019.

BATISTA, J. G. F.; BATISTA, E. R. B. **Compostagem**: utilização de compostos em horticultura. Universidade dos Açores, Centro de Investigação e Tecnologias Agrárias dos Açores, 2007.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Prefácio. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**, Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 5-6

BONFIM, V.L; KATO, D.S. A Agroecologia na Educação Ambiental. **Anais... XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC**, 2019.

BRASIL - **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. 1999. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

BRASIL - **Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em:

https://incaper.es.gov.br/Media/incaper/PDF/legislacao_biosolido/resolconama313_.pdf Acesso em: 12 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília-DF, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 459/2013**, de 16 de outubro de 2013. Altera a Resolução no 413, de 26 de junho de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências, 2013.

BRUNO, F. M. R.; FRAGA, J. M. L. A crise climática, o acordo de paris e as perspectivas sobre o aquecimento global após a (des) regulamentação ambiental de Washington. **Revista Aurora**, v. 11, n. 1, p. 23-48, 2018.

BUSS, A.; MORETO, C. A prática da compostagem como instrumento no ensino de conteúdos e na Educação Ambiental Crítica. **Revista Monografias Ambientais**, v. 18, n. 6, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/39699/html>. Acesso em: 01 nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236130839699>. ISSN: 2236-1308.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade /** Francisco Roberto Caporal (org.). COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. – Brasília: 2009 - 111 p. ISBN 978-85-60548-38-5

CARVALHO, A. V. de. **Crescimento econômico, desenvolvimento socioeconômico e dotação de recursos naturais versus armadilha da pobreza: evidências para Amazônia Legal nas últimas duas décadas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento. Santarém, 2018.

CARVALHO, C. R. B. **Compostagem de resíduos verdes e orgânicos alimentares**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CORRÊA, R. F. M.; RICCI, A. B. Compostagem de lodo de esgoto por meio de leira estática aerada com duas taxas de aeração. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Curitiba, v. 1, n. 2, 2017. ISSN: 2525-4790.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

EUROPEAN COMMISSION. **Waste prevention**. 2016. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/index.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. Londrina: UEL, 1999.

FOLHITO. **Compostagem**. 2021. Disponível em: <https://www.folhito.com.br/portfolio-itens/compostagem/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

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>.

FORTES NETO, P. **Monitoramento da compostagem de lixo em leiras estáticas e revolvidas**. Dissertação de Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 1992.

FRELLER, F.; NICOLETE, R. S. R. Uma biografia da Revolução Francesa. **Topoi**. Rio de Janeiro, v. 21, n. 44, p. 525-531, 2020.

GOMES, G. S. M. **A Agenda 21 e a responsabilidade ambiental das empresas**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Relações Internacionais) – Faculdade de Direito e Relações Internacionais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2013.

GUIMARÃES, C. S. de F.; MOREIRA, C. V.; MIRANDA, E. L. Compostagem como uma estratégia de redução dos resíduos sólidos descartados no ambiente escolar. Cadernos de Agroecologia. Edição Especial. **Anais...** V Simpósio Mineiro de Ciência do Solo: Agroecologia e a Compreensão do Solo como Fonte e Base para a Vida. v. 15, n. 1, 2020.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade de composto**. 4. ed. São Paulo: Editora EMBRAPA, 2004. 173 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba SP: Ceres, 1985.

KUMAR, S. et al. Fuzzy filtering for robust bioconcentration factor modeling. **Environmental Modelling & Software**, n.24, p.44-53, 2009.

LIMA, I. B; ALVES, S. C **Educação ambiental e interdisciplinaridade: da explicitação de conceitos nos PCNS e DCNEM à prática pedagógica no ensino médio**. 2022.

LOPES, A. F. A.; POMPEU, D. S. da S. Benefícios sociais e ambientais da usina de reciclagem e compostagem na cidade de Prata-MG. Hygeia: **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 2014.

MACEDO, M. A. A. P. T de; RAMOS, M. da C. P. Educação ambiental e resíduos sólidos urbanos: caminho para um futuro sustentável. **EduSer-Revista de educação**. v. 7, n. 2, p. 41-57, 2015. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14150/1/Macedo%2c%20Ramos.pdf>ISS. Acesso em: 01 nov. 2022. ISSN 1645-4774.

MARQUES, R.; BELLINI, E.; GONZALEZ, C. E. F.; XAVIER, C. R. Compostagem como ferramenta de aprendizagem para promover a Educação Ambiental no ensino de ciências. In: **Anais...** Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. 2017.

MATTE, M. R. G. **Desenvolvimento sustentável: uma análise das emissões de CO₂ no cenário mundial antes e depois da Agenda 21.** 2011. Trabalho de conclusão do curso de graduação apresentado ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

MELO, C. X. de; DUARTE, S. T. Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** [online]. 2018, vol. 5, n. 10, p. 691-710. 2018. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas.051021.

MONTEIRO, D. ; LONDRES, F. Pra que a vida nos dê flor e frutos: Notas sobre a trajetória do movimento agroecológico no Brasil. In: SANBUICHI, R.H.R. et.al. (Orgs.). **A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável.** Brasil: IPEA, 2017. p. 53-86. 470 p.

MONTEIRO, J. A. V. Benefícios da compostagem doméstica de resíduos orgânicos. **Revista Educação Ambiental em Ação.** n. 56, 2016.

MONTEIRO, L. S. V. E. **Sucessão da comunidade fúngica termofílica e termotolerante na compostagem da gordura de frango.** 2019. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/203757>. Acesso em: 24 nov. 2022.

NAIDU, Y.; SIDDIQUI, Y.; IDRIS, A. S. Comprehensive studies on optimization of lignohemicellulolytic enzymes by indigenous white rot hymenomyces under solid-state cultivation using agro-industrial wastes. **Journal of Environmental Management**, v. 259, p. 110-156, 2020.

NASCIMENTO, A. M. do; SILVEIRA, A. P. de C.; COSTA, K. de; RIEHL, L. A. S. R.; SANTOS, Z. A. M. **Química e Meio ambiente: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico.** Secretaria de Educação: Curso formação continuada ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, 2005.

NOGUERA, J. O. C. Compostagem como prática de valorização dos resíduos alimentares com foco interdisciplinar na educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 316-325, 2011.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **ComCiência**, Campinas, n. 120, 2010. Disponível em <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 set. 2022.

OLIVEIRA, C. A; SARTORI, R. H; GARCEZ, T. B. **Compostagem.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP. Piracicaba, 2008. 19 p.

PAIVA, D. **Compostagem: destino correto para animais mortos e restos de parição.** Embrapa Suínos e Aves – Concórdia – SC, 2006.

PÁSCHOA, J. C. V. da. **Diferentes fontes de carbono em compostagem, utilizando resíduos da filetagem da tilápia.** Dissertação (Mestrado) - Instituto

Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Agroecologia, 2022. 37 f. il.

PÁSCHOA, J. C. V.; MENDONÇA, P. P.; SOUZA, E. O. de. **Diferentes fontes de carbono em compostagem utilizando resíduos da filetagem da tilápia**. Boletim técnico n. 9. Vitória: EDIFES Acadêmico. 2022. 24 p. DOI: 10.36524/9788582635780

PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S. de; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. do R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013. DOI: 10.31413/nativa.v1i1.1335. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1335>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PEIXER, J. F. B. **A contribuição nacionalmente determinada do Brasil para cumprimento do Acordo de Paris: metas e perspectivas futuras**. Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Direito da Universidade Federal de Doutor em Direito na área de concentração Direito, Política e Sociedade de Santa Catarina. 2019.

PEIXOTO, R. T. dos. G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina: IAPAR, 1988, 46p.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa –MG: UFV. Viçosa, 81p., 2007.

PIRES, C. S. **Tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da política nacional de resíduos sólidos: análise dos planos municipais da bacia do alto Tietê**. 2013.

PIRES, I. C. G.; FERRÃO Gregori da Encarnação. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 01, 2017. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/5685>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ROSA, L. O. da; SOUSA, T. P. de; OLIVEIRA, V. F. de; CORRÊA, L. B.; CORRÊA; É. K. Valorização dos Resíduos Orgânicos do setor de hortifrutigranjeiro pelo processo de Compostagem Doméstica. **Semiones: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, 2019. ISSN1981-996X.

SACHS, I. **A terceira margem: em busca do ecodesenvolvimento**. Editora Companhia das Letras, 1ª Edição, 2009.

SANES, F. S. M.; STRASSBURGER, A. S.; ARAÚJO, F. B.; MEDEIROS, C. A. B. Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1241-1252, 2015.

SANTOS, L. B.; SILVA, E. R. da. Desenvolvimento sustentável e capitalismo: uma coexistência contraditória. **Revista de História da UNIABEU**, v. 5, n. 9, 2015.

SCOTT, B. R. **The concept of capitalism**. Berlin-Heidelberg, 2019.

SILVA, A. S. F. **Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, P. R. D.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S.; PILOTTO, M. V. T. Processo de estabilização de resíduos orgânicos. Vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.

SIQUEIRA, H. M. de. **Transição agroecológica e sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do território do Caparaó-ES: o caso da cafeicultura.** Tese de Doutorado defendida na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Biblioteca do café. maio, 2011.

SOARES, L. G. da C.; SALGUEIRO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco– um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia**. Ano 1, n. 1., 2007.

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>.

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.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR., B. de. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 5, p. 59-85, 2009.

VICH, D. V. ; MIYAMOTO, H. P.; QUIROZ, L. M.; ZANTA, V. M. Household food-waste composting using a small-scale composter. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 5, 2017.

VIEIRA, L. K.; BEN, G. V. O Futuro Do Acordo Mercosul-União Europeia Sob A Ótica Do Desenvolvimento Sustentável: Uma Análise A Partir Do Cumprimento, Pelo Brasil, Das Metas Do Acordo De Paris. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, Belo Horizonte, v. 18, n. 42, p. 361-393, 2021.

WEBER, J.; SILVA, T. N. da. A Produção orgânica no Brasil sob a ótica do desenvolvimento sustentável. **Revista Desenvolvimento em Questão**. v. 16, n. 45, p. 164-184, 2021. Editora Unijuí. ISSN: 2237-6453. <http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2020.54.164-184>

YAVORSKI, R.; LEMES, M.; BORINO, S. Compostagem na escola: um caminho para a sustentabilidade. **Anais...** Simpósio sobre reforma agrária e questões rurais da Uniara, 2016.

Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica

Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Ana Lídia Chaves Gomes, Marcus Vinícius Campos Gall, Iesa Brasil da Silva, Marlon Alves Peçanha da Silva, Márcio Menegussi Menon, Luana Soares Egidio, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c5>

Resumo

O processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água ou pelo vento, é denominado erosão. Esse desprendimento pode acontecer de forma natural ou ser resultado de ações antrópicas, tais como o desmatamento, a retirada da cobertura vegetal da área, gerando assim, processos erosivos acelerados que provocam o desequilíbrio dos ecossistemas. O tipo de erosão mais comum registrado no Brasil é a erosão hídrica, causada pelo escoamento superficial da água, proveniente do uso incorreto e da falta de conservação dos solos. A degradação dos solos brasileiros em curto, médio e longo prazo apresenta prejuízos à sociedade nos âmbitos ambientais e financeiros. As voçorocas são avançados casos de degradação, causadas pelas erosões hídricas que acarretam em assoreamento (acúmulos de sedimentos no fundo de um corpo hídrico) e contaminação dos cursos d'água. Diante desse cenário, técnicas quando aplicadas de forma integrada podem conter o processo degradativo e auxiliar nos procedimentos de recuperação. Contudo, é fundamental que ocorra a sistematização e a aplicação de práticas de conservação do solo e da água. Como exemplo, a proteção da área, o aumento da rugosidade no solo e a estruturação do escoamento superficial, condicionando a corrente das enxurradas para técnicas de recebimento desse fluxo que permitirão a infiltração. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo discutir práticas conservacionistas, medidas preventivas e corretivas para conter o desenvolvimento de voçorocas que têm sido executadas pelo poder público e por organizações da sociedade civil no sul do estado de Espírito Santo.

Palavras-chave: Voçoroca. Plantio de água. Perda de solo. Conservação do solo. Barraginhas e Cochinhos.

1. Introdução

O solo é um sistema vivo, complexo e dinâmico, por onde ocorrem interações entre plantas, animais e microrganismos com o meio físico. Essas interações afetam a qualidade do solo: assunto cada vez mais estudado, principalmente, no que se refere à sua definição e mensuração (SILVA et al., 2021).

Baretta et al. (2010) descrevem a qualidade do solo como a capacidade do mesmo em funcionar dentro de qualquer ecossistema, garantindo a produtividade biológica, qualidade ambiental e desenvolvimento saudável de plantas e animais.

Primavesi (2019) também cita que a qualidade do solo está relacionada a boa estrutura física, elevada porcentagem de nutrientes, diversidade de microrganismos e considerável teor de matéria orgânica do solo (MOS), que exerce importantes funções no sistema edáfico. Nesse âmbito, a qualidade do solo é observada pela interação de seus atributos físicos, químicos e biológicos, sendo a MOS um componente de grande importância na dinâmica dos ecossistemas.

Sabe-se que o equilíbrio dinâmico de transformação do sistema ambiental da superfície terrestre, naturalmente, ocorre com auxílio dos processos erosivos, sendo a erosão geológica um processo natural. Entretanto, a exploração antrópica, o uso e a ocupação inadequados do solo, ocasionam a aceleração dos processos erosivos naturais (SOUZA, 2015; PEREIRA et al., 2020).

Um exemplo desse uso inadequado é o caso de pastagens degradadas: têm o processo de degradação do solo iniciado devido ao superpastejo, caracterizado pelo excesso de animais pastejando em uma determinada área (Figura 1).

Segundo relatório da FAO e ITPS (2015), cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados, com perda de fertilidade e, conseqüentemente, produtividade. No caso dos solos brasileiros, os principais problemas são a erosão, perda de carbono orgânico, e o desequilíbrio de nutrientes.

De acordo com o IGAM (2014), nos dias atuais, no Brasil, sofrem-se a escassez de água no campo e nas cidades, sendo os fatores determinantes o desmatamento e o manejo inadequado do solo, que removem a cobertura vegetal das zonas de recarga do lençol freático. Com o solo compactado, o

mesmo atua como se fosse um telhado: a superfície do solo recebe a água das chuvas, concentrando-a em enxurrada que, na medida em que se perde por escoamento superficial, avoluma-se até formar processos erosivos, causando sérios impactos socioeconômicos e ambientais.



Figura 1. Área degradada de pastagem com pouca cobertura vegetal que irá estimular o *splash*. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2008.

Para esse mesmo autor, a ação antrópica que vêm promovendo o desmatamento desordenado para a implantação de áreas agricultáveis associada à falta de uso de tecnologias adequadas à conservação do solo, ocasiona sua compactação: diminui as taxas de infiltração de água, aceleram o escoamento superficial, ocasionam problemas como a erosão, assoreamentos, enchentes, diminuição da disponibilidade das águas superficiais e o rebaixamento do nível do lençol freático.

Dessa forma, de acordo com Wang et al. (2016), por proporcionar perdas de solo e nutrientes, estar associada ao assoreamento, a poluição de corpos hídricos e as inundações, atualmente, a erosão do solo é considerada um dos maiores problemas ambientais em escala global.

A erosão do solo se inicia e se torna problema ambiental a partir do desmatamento executado para possibilitar a produção agropecuária. Os solos perdem a sua cobertura vegetal que os protegem da ação erosiva das gotas das chuvas. Desprotegidos, ficam expostos à degradação e toneladas de partículas

são perdidas por erosão. Essa perda de solo também acarreta na redução: de nutrientes, da qualidade da cultura, da capacidade de infiltração e da capacidade de retenção de umidade no solo (SOUZA, 2015; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

A perda de solo ocasionada pela erosão hídrica é influenciada por diversos fatores, tais como: topografia, intensidade pluviométrica, pedologia, assim como a existência e intensidade da cobertura vegetal na área. A ação da água da chuva e, mais especificamente, do impacto das gotas sobre o solo, chamado de efeito *splash*, dá origem à dispersão das partículas do solo que são carregadas pela água da chuva (VERDUM et al., 2016).

Segundo esses mesmos autores, agrava-se quando não há proteção do solo, caracterizando a desagregação, transporte e deposição das partículas minerais e demais componentes aderidos, tais como defensivos e fertilizantes agrícolas, matéria orgânica, biota do solo e sementes (Figura 2).

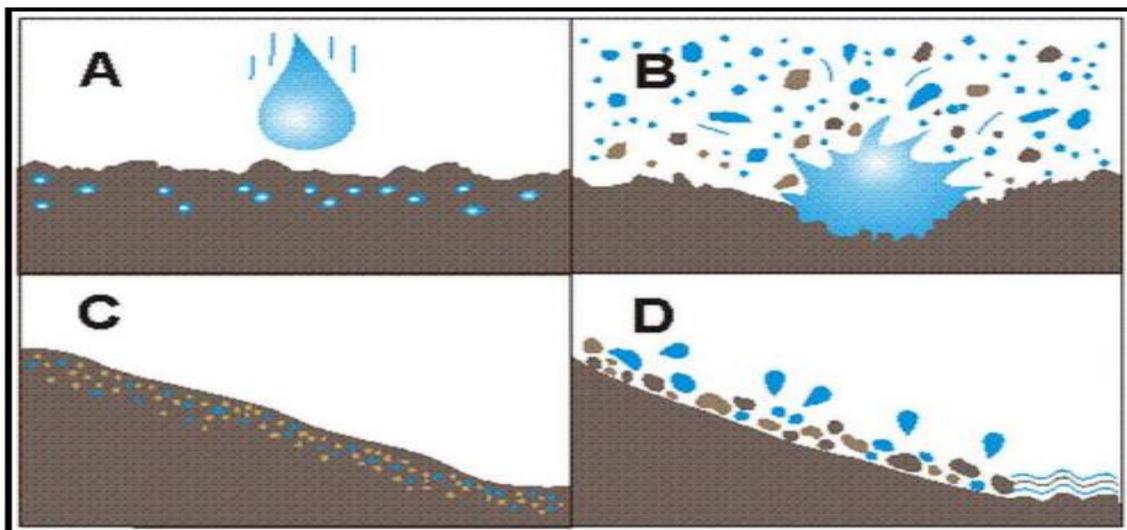


Figura 2. Efeito “splash”. Fonte: Adaptado da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, 2019.

Ainda, o impacto do efeito *splash*, provoca a liberação de partículas que obstruem os poros do solo por partículas muito finas, adensando-o. Esse processo de adensamento ocasiona redução da macroporosidade do solo e, conseqüentemente, reduz também a taxa de infiltração de água, favorecendo o aumento dos processos erosivos.

Esse é o procedimento em que a estrutura do solo é quebrada pelo impacto da água da chuva que atinge a superfície do terreno. Em seguida, o material solto é removido do local e depositado nas depressões no interior das vertentes e no fundo dos vales, tendo como resultado o assoreamento dos leitos dos rios (Figura 3) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).



Figura 3. Trecho do rio Castelo apresentando elevado grau de assoreamento. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2018.

De acordo com a forma como ocorre o escoamento das águas superficiais, diferentes processos erosivos podem ocorrer: a erosão laminar, caracterizada pelo escoamento uniforme na superfície do terreno e por não formar canais definidos; e a erosão linear, causada pela concentração do escoamento superficial em forma de filetes que pode evoluir para sulcos, ravinas e voçorocas (Figura 4) (SANTORO, 2009).

As ravinas são sulcos provocados por escavamento produzido pelo lençol de escoamento superficial ao sofrer certas concentrações de água: formam incisões na superfície de até 0,5 m de profundidade e largura, sendo perpendiculares às curvas de nível (Figura 5) (SOUZA, 2015; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).



Figura 4. Pastagem degradada apresentando erosão laminar. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2008).



Figura 5. Ravinas em pastagem degradada, Jerônimo Monteiro, ES. Fonte: Loruama Vardiero (2022).

As voçorocas são formas erosivas lineares (podendo ter forma retilínea, alongada e estreita), com profundidade maior que 0,5 m e com escavamento do solo até seus horizontes inferiores. Ocorrem quando as ravinas chegam ao lençol freático, aliado a uma erosão subsuperficial (escoamento subsuperficial) abrindo enormes buracos no solo (Figura 6). É a forma mais complexa de erosão linear,

devido ao alcance do nível freático que aflora no fundo do canal (SANTORO, 2009).



Figura 6. Voçoroca com aproximadamente 25 m de profundidade no município de Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2009.

Assim, ocorre uma ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, condicionando uma evolução da erosão lateral e longitudinal. Conforme a ocorrência dessa evolução, uma voçoroca pode ser classificada morfológicamente como: linear, bulbosa, treliça, paralela, dendrítica ou composta (Figura 7) (IRELAND; EARGLE; SHARPE, 1939; SANTORO, 2009).

As voçorocas podem ainda apresentar uma profundidade que exponha os horizontes B e C, podendo chegar até a rocha mãe se não houver interferência. Geram grande perda de área, assoreamentos dos cursos de água, inviabilidade de estradas e prejuízos socioeconômicos. São áreas passíveis de recuperação através de práticas conservacionistas, que podem ser aplicadas não somente quando o problema já está ocorrendo, mas sim trabalhadas de forma preventiva em um local que tenha maior susceptibilidade à erosão.

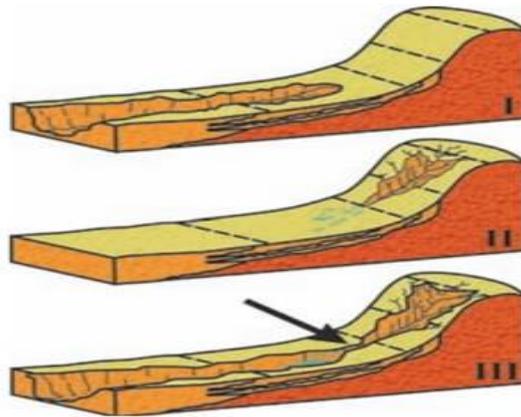


Figura 7. Modelo de evolução de voçorocas: (I) voçoroca conectada à rede hidrográfica; (II) voçoroca desconectada da rede hidrográfica; (III) integração entre os dois tipos anteriores. A seta na Figura III aponta para o degrau formado no momento da integração. Fonte: Santoro, 2009, modificado de Oliveira, 1989.

A Figura 8 apresenta duas voçorocas de grande porte no declive da BR-482. Apesar de se tratar de uma rodovia federal, a ausência de práticas conservacionistas às margens e o mau uso e ocupação do solo no local: corrobora o escoamento superficial na estrada que se direciona lateralmente modelando tal processo erosivo. Diante disso, há necessidade da aplicação de práticas para diminuição e correção dos impactos causados.



Figura 8. Voçorocas de grande porte na Rodovia BR-482, Alegre/Guaçuí, ES. Fonte: *Google Earth* (2022).

A visualização e a constatação das voçorocas de grande porte só se tornou possível por meio de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), levantamento planialtimétrico e leitura do ambiente *in loco*. Em outros estudos de casos, inclui-se também o conhecimento sobre: o tipo de solo característico do local, pois cada solo possui um comportamento diante do processo erosivo; e das formas de relevo predominantes, pois o formato da vertente (côncavo ou convexo) e a declividade das encostas interferem na instalação e no avanço do processo erosivo.

Contudo, antes da aplicação dessas práticas, é de fundamental importância a realização da leitura de ambiente com avaliação dos processos erosivos e das voçorocas com auxílio de imagens aéreas e em campo. Nesse momento, sugere-se utilizar como referência para classificação o trabalho de Capeche et al. (2008), onde as voçorocas são classificadas quanto à profundidade e à extensão da bacia de contribuição:

➤ **Profundidade:**

- Voçoroca pequena – menor que 2,5 m de profundidade;
- Voçoroca média – de 2,5 a 4,5 m de profundidade;
- Voçoroca grande – maior que 4,5 m de profundidade.

➤ **Bacia de contribuição:**

- Voçoroca pequena – quando a bacia de contribuição for menor que 10 ha;
- Voçoroca média – bacia de contribuição entre 10 a 50 ha;
- Voçoroca grande – quando maior que 50 ha.

Realizados a leitura de ambiente e o diagnóstico da área com classificação e descrição dos processos erosivos, será possível recomendar práticas ambientais a fim de resgatar tais áreas degradadas por processos erosivos.

Segundo o capítulo I, artigo 2º, inciso IV da Instrução Normativa nº 11 de 11 de dezembro de 2014 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, a definição de área degradada é: *“aquela impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se*

assemelhe ao estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada”; ou seja, retornada a alguma forma de utilização de acordo com um plano pré-estabelecido, oferecendo condições estáveis para utilização da área.

Para tal, a sistematização e aplicação de práticas de conservação do solo e da água são fundamentais. Como exemplo, a proteção da área, o aumento da rugosidade no solo e a estruturação do escoamento superficial, condicionando o fluxo das enxurradas para técnicas de recebimento desse fluxo que permitirão a infiltração.

Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir as principais medidas preventivas e corretivas para conter o desenvolvimento de processos erosivos.

2. Práticas preventivas e corretivas para a erosão no meio rural

Os sulcos e ravinas, que podem evoluir para voçorocas, são considerados problemáticos em regiões montanhosas, uma vez que acarretam no empobrecimento acelerado dos solos durante sua formação. Mesmo sabendo que os mesmos passam por processos evolutivos e tornam-se senis, essas estruturas erosivas merecem a devida atenção.

Para evitar perdas de solo, de água e até mesmo perdas na produção agropecuária e no valor da propriedade, são necessárias ações humanas para intervir de forma positiva nos processos erosivos e pedológicos. Visa evitar que um processo juvenil de erosão, principalmente se for oriundo de ações antrópicas, se torne uma voçoroca de grande porte (Figura 9) (SOUZA, 2015).

As práticas preventivas para erosão visam medidas neutralizadoras dos aspectos condicionantes do processo erosivo, antes da sua instalação. Já as práticas de controle, por sua vez, buscam amenizar ou retardar o avanço do processo erosivo: ambas consideram técnicas destinadas à conservação do solo, sendo essas de caráter vegetativo, mecânico-vegetativo, mecânico (ou físico-mecânico) e edáficas (Figura 10).



Figura 9. Exemplo de área de pastagem com voçoroca de grande porte no município de Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2008.

Vale ressaltar que, a aplicação de práticas conservacionistas com o objetivo de conter o desenvolvimento de processos erosivos, como no caso das voçorocas, não deve ser aplicada como práticas isoladas. Precisam ser executadas como um conjunto de práticas que aplicadas em consonância, visam estabilizar toda a área de interesse.



Figura 10. Diagrama de técnicas de conservação do solo. Fonte: Os autores, 2022.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2017), o controle do voçorocamento é realizado com os seguintes objetivos: a) interceptação da enxurrada acima da área de voçorocas, com terraços de diversão; b) retenção da enxurrada na área de drenagem, por meio de práticas de cultivo, de vegetação e estruturas específicas; c) eliminação das grotas e voçorocas, com acertos do terreno executados com grandes equipamentos de movimentação de terra; d) revegetação da área; e) construção de estruturas para deter a velocidade da água ou até mesmo armazená-las; f) completa exclusão do gado; g) controle da sedimentação das grotas e voçorocas ativas.

No sul do estado do Espírito Santo, têm sido realizadas algumas iniciativas práticas para controle de erosão e do voçorocamento, visando não só a redução do escoamento superficial, mas também o aumento da infiltração de água no solo. No setor público, um exemplo vem sendo os projetos realizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Atílio Vivácqua. Dentre as organizações da sociedade civil, destaca-se a atuação da Associação de Plantadores de Água (PLANT'ÁGUA).

3. Estudo de Caso: ações conservacionistas realizadas pela gestão pública do município de Atílio Vivácqua, ES

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município de Atílio Vivácqua, ES, tem em sua maioria uma economia voltada aos pequenos produtores, que hoje se veem com um grande problema de escassez de água: por irregularidade ou falta de informação sobre manejo do solo.

Márcio Menegussi Menon, Secretário Municipal de Meio Ambiente, participou de um treinamento com a Embrapa e teve acesso às tecnologias do projeto Barraginhas e Cochinhos em curvas de nível (Figura 11).

Como Secretário de Meio Ambiente no município de Atílio Vivácqua - ES, Márcio decidiu aplicar as técnicas aprendidas com o agricultor e técnico da Embrapa, Luciano Cordoval Barros. Assim, o projeto "Barraginhas e Cochinhos em curvas de nível" tornou-se um programa da gestão municipal em Atílio Vivácqua, disseminando e executando essa tecnologia para os agricultores do município (Figura 12).



Figura 11. Projeto técnico de produtor de água do município de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Machado et al. (2022).

O trabalho da secretaria foi então premiado em 2020 no Prêmio Biguá de Sustentabilidade e no Prêmio Desafio de Inovação – Campanha Nacional de Combate à Erosão. Nos dias atuais, além de gerir e atuar ativamente no programa, o secretário recebe visitas e capacita outros municípios para a replicação do mesmo, como o ocorrido nos dias 15 e 16 de março de 2023 quando recebeu uma comitiva do município mineiro de Canaã.



Figura 12. Intervenções em áreas de pastagens degradadas em Atílio Vivácqua, ES – cochinhos e barraginhas. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

A equipe de campo é composta pelo secretário e seu operador de máquinas. Juntos passam a disseminar e executar a tecnologia por todas as comunidades do referido município. Abrange, principalmente, pastagens degradadas, com a instalação das barraginhas e dos cochinhos, visando a redução do escoamento superficial, reduzindo o avanço do processo erosivo nessas áreas. Além disso, as técnicas também promovem uma maior infiltração lenta da água das chuvas no solo, visando a recarga do lençol freático e a redução das perdas de solo e água (Figura 13).



Figura 13. Área de pastagem degradada em Atílio Vivácqua recebendo intervenção e construção de barraginha. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Em visita recente ao município com um grupo de alunos de mestrado do IFES - campus de Alegre, ES, foi possível observar a vasta quantidade de pastagens degradadas no município (Figura 14).

Por outro lado, também houve a possibilidade de acompanhar a construção das técnicas numa propriedade rural e a satisfação de produtores que receberam as técnicas em anos recentes. Os relatos dos produtores demonstraram esperança para melhorias no acesso à água nas propriedades, mesmo no período de seca: satisfação de quem não tem tido perdas de solo e passado por situações de falta de água nos últimos anos, após receber as práticas do programa.



Figura 14. Cochinho sendo construído em área de pastagem degradada em Atílio Vivácqua. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Além desse avanço nas propriedades, o secretário tem recebido muitas visitas de pessoas interessadas pelo Programa, ministra treinamentos, tendo aparecido com frequência nas mídias sociais divulgando os benefícios de tais intervenções. Após as primeiras chuvas ocorridas em outubro de 2022, observam-se cochinhos e barraginhas com água retida promovendo sua retenção e posterior infiltração (Figuras 15, 16 e 17).



Figura 15. Cochinho após a primeira chuva em outubro/2022 em Atílio Vivácqua. Fonte: Márcio Menegussi Menon, 2022.

Segundo Barros e Ribeiro (2009), a barraginha não deve ser construída em cursos de águas perenes, nas áreas de proteção permanente (APPs), no interior das voçorocas, nas grotas em “V” (aquelas com barrancos profundos) e nem em terrenos com inclinação acima de 12%, sendo de extrema importância a adoção dessas “normas” de segurança.



Figura 16. Barraginha após a primeira chuva em outubro/2022 em Atílio Vivácqua.

Fonte: Márcio Menegussi Menon, 2022.



Figura 17. Barraginha recebendo água da chuva proveniente de um cochinho à montante: outubro/2022, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Márcio Menegussi Menon (2022).

Todo esse trabalho possui um objetivo: a implantação desse sistema é carregar e descarregar o “lago”, proporcionando a infiltração num espaço de tempo rápido entre eventos de chuva durante a estação chuvosa, proporcionando que ocorram de 12 a 15 recargas completas do volume, bem como do espaço poroso do solo, funcionando como uma espécie de caixa d’água natural (BARROS, 2000).

De acordo com Tiecher (2016), a formação de macroagregados é influenciada pelas interações existentes entre a biota do solo, raízes e agentes inorgânicos e orgânicos, que afetam a quantidade e a dinâmica da matéria orgânica no solo. Assim, práticas conservacionistas, que propiciem maior enraizamento e acúmulo de resíduos vegetais na cobertura do solo, favorecem os processos de agregação e, conseqüentemente, melhoram as propriedades físicas do solo.

O maior aporte de diferentes resíduos vegetais na cobertura do solo também contribui positivamente com os processos de humificação e fixação de carbono no solo, sendo fundamental para aumentar o teor de carbono orgânico no solo e a absorção e manutenção (PORTUGAL et al., 2008; FONTANA et al., 2011). Para Rangel et al. (2007), o não revolvimento do solo, o cultivo de culturas perenes e o manejo orgânico, são de grande importância na preservação da integridade da estrutura do solo e, conseqüentemente, na manutenção nos estoques de carbono e nitrogênio do solo.

4. Estudo de Caso: conservação do solo e da água por meio da tecnologia social de Plantio de Água

O movimento do “Plantio de água” vem sendo desenvolvido no “Sítio Jaqueira Agroecologia” em Alegre, ES, pelo agricultor, artesão e educador ambiental Newton Campos, há quase 40 anos (PEREIRA; CAMPOS; MEIRA, 2018). Nos últimos anos, esse movimento cultural de “Plantio de água” tem sido disseminado para além do “Sítio Jaqueira Agroecologia”, por intermédio do Projeto Plantadores de Água (Edital Petrobrás Ambiental 2013-2015) e da Associação de Plantadores de Água (PLANT’ÁGUA).

O plantio de água é certificado como tecnologia social, desde 2017, pela Rede Transforma, da Fundação Banco do Brasil. Essa tecnologia se caracteriza pela gestão de recursos hídricos em propriedades rurais e pela educação

ambiental. O “Plantio de Água” é caracterizado pela aplicação de cinco técnicas que são aplicadas nas propriedades rurais em consonância com a prévia observação e leitura do ambiente local.

As técnicas consistem em: a) isolar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) de nascentes e cursos d’água; b) recuperar as matas ciliares com Sistemas Agroflorestais (SAFs); c) aplicar práticas de conservação do solo e da água; d) reutilizar a água coletada da chuva nos “caça-chuva”; e e) realizar o saneamento básico rural com fossas sépticas (Figuras 18 a 22).



Figuras 18, 19 e 20. A) Caixas-secas sequenciais construídas em estrada rural. B) Caça-chuva de cumeeira no Sítio Jaqueira Agroecologia. C) Caixas-cheias preparadas para o plantio de arroz. Fonte: Arquivo PLANT’ÁGUA, 2015 e 2022.

Assim, a efetividade dessa tecnologia social ocorre devido ao conjunto das técnicas que influenciam na ampliação da quantidade e no aumento da qualidade de água. Ocorre por meio de maior captação de água da chuva, redução da erosão e de danos das enxurradas, além do maior favorecimento da infiltração de água de chuva no solo. Além disso, a educação ambiental, que visa multiplicar e replicar a tecnologia é de grande valia para a promoção de mudanças de atitude quanto à gestão dos recursos hídricos, a valorização de ações comunitárias e as relações de vizinhança em comunidades rurais.



Figura 21 e 22. A) Fossa séptica biodigestora. B) SAF do Sítio Jaqueira Agroecologia, em torno das caixas cheias que são utilizadas para plantio de arroz. Fonte: Arquivo PLANT'ÁGUA, 2014; e Acervo Maurício Novaes, 2022.

Atualmente, a Associação promove a difusão, e expansão da tecnologia, principalmente por meio de eventos, oficinas, mutirões e consultorias realizados não só no município de Alegre, mas também em diversas cidades do estado do Espírito Santo e em outros estados brasileiros, como Minas Gerais (Figuras 23 e 24).



Figuras 23 e 24. A) Construção de caça-chuva durante a oficina de Plantio de Água, realizada em Simonésia, MG. B) Mutirão para construção de caixas-secas

durante consultoria realizada pela PLANT'ÁGUA na região do Caparaó. Fonte: Arquivo PLANT'ÁGUA (2022).

3. Considerações finais

A aplicação conjunta de práticas conservacionistas, tanto mecânicas quanto edáficas e vegetativas, auxiliam na redução de impactos causados pelos processos erosivos. Atuam assim, na recuperação das áreas degradadas, com prevenção e contenção de ravinamentos e voçorocas, aumentando a infiltração das águas pluviais no solo, promovendo o aumento da biodiversidade, além de favorecer a retenção de sedimentos que possivelmente contribuiriam para o assoreamento de rios e córregos.

As tecnologias sociais, sejam realizadas pelo poder público, por organizações da sociedade civil ou por iniciativas individuais, são facilmente replicáveis. O processo de aplicação das técnicas de manejo e conservação pode ser praticado pelos próprios produtores rurais ou agentes interessados, desde que realizado o dimensionamento e planejamento estratégico das mesmas (com prévia leitura do ambiente), visando a efetividade, manutenção e custeio das práticas.

4. Referências bibliográficas

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores de qualidade do solo em áreas com Araucária angustifolia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas**. Sete Lagoas, MG. EMBRAPA Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2. 2000. 16p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96925/1/circ-2.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A. **Barraginhas: Água de chuva para todos**, Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica; Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009. 49p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-aguade-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10. ed. São Paulo, Ícone, 2017. 392 p.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; PRADO, R. B.; PIMENTA, T. S., MELO, A. da

S. **Degradação do solo e da água:** impactos da erosão e estratégias de controle. Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: a visão da Ciência do solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação. 21ª Ed. Embrapa. Capítulo 5, 2008.

DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captção de Águas Pluviais das Estradas Vicinais.** Vitória/ES: EMCAPA - Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária. 1990.

DONAIRE, S. A.; RODRIGUES, N. J. Práticas conservacionistas e recuperação de área degradada por voçoroca em uma propriedade rural, no município de Regente Feijó (SP). **Geoambiente On-line**, 2021.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/2238002/palica-de-bambu>>. Acesso em: 31 ago. 2022.

FAO e ITPS - Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. **Status of the World's Soil Resources (SWSR).** 2015. In press.

FONTANA, A. SILVA, C. F. da; PEREIRA, M. G.; ARCANGELO, P. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

GUIMARÃES, J. C. C.; ALMEIDA, W. F.; PAIS, P. S. M.; ANDRADE, M. L. de C. Abordagem de práticas conservacionistas na recuperação de voçoroca. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 8, n. 14, p. 977, 2012.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa nº 11, de 11 de dezembro de 2014.** Brasília, IBAMA, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro 2010.** Rio de Janeiro: IBGE 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

IGAM – Instituto de Gestão das Águas de MG. **Projeto Barraginhas:** Captação de águas da chuva, visando o aumento da disponibilidade da água, promoção do desenvolvimento e da cidadania no meio rural. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/sistemadegerenciamento/CTIG/5.4-projeto-barraginhas-modelofhidro-atualizado-2.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2019.

IRELAND, H. A.; EARGLE, D. H.; SHARPE, C. F. S. **Principles of gully erosion in the Carolina.** Piedmont of South US Department of Agriculture, 1939.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; FERREIRA JUNIOR, J. L. L.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; MARTINS, L. D. Métodos teórico-prático de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 21712-21730, 2022. DOI:10.34117/bjdv8n3-393.

MACHADO, R. L.; COUTO, B. C. do; SILVA, A. H. da; RIBEIRO, P. T.; OLIVEIRA, J. A.; RESENDE, A. S. de; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. **Perda de solo em erosão por voçorocas com diferentes níveis de controle no município de Pinheiral-RJ**. Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estradas rurais - orientações para construção, adequação e manutenção**. 1. ed. Brasília/DF. 2021.

PEREIRA, G. R.; CAMPOS, N. B.; MEIRA, A. C. H. Considerações etnoecológicas sobre o “plantio de água” em Alegre, no Sul do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

PEREIRA, I. M.; JAEGGI, M. E. P. C.; ROCHA, R. S.; ENTRINGER, G. C.; CRUZ, D. P.; LIMA, W. L.; SOUZA, M. N.; GRAVINA, G. A.; OLIVEIRA, T. R. A.; SANTANNA, C. Q. S. S. Morphological characterization of strains of bean pod promising south capixaba. **American International Journal of Agricultural Studies**, v. 3, n. 127, p. 14-18, 2020. Disponível em: <http://www.acseusa.org/journal/index.php/aijas>. Acesso em: 13 jan. 2023.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. de. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. Viçosa: Suprema Gráfica, 176 p. 2003.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008.

PRIMAVESI, A. M. Agricultura ecológica. **Revista Attalea Agronegócios**, n. 148, p. 60-61, 2019.

RESENDE, A. S. de. **Controle de voçorocas em áreas rurais**. Projeto Biomas, Embrapa Agrobiologia. 2005.

RODRIGUES, K. M.; CORREIA, M. E. F.; RESENDE, A. S.; CAMILO, F. L.; CAMPELO, E. F. C.; FRANCO, A. A.; DECHEN, S. C. F. Fauna do solo ao longo do processo de sucessão ecológica em voçoroca revegetada no município de Pinheiral - RJ. **Ciência Florestal**, p. 355-364, 2016.

SANTORO, J. Erosão Continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; DO AMARAL, R. (Orgs.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 53-70.

SILVA, M. de O.; SANTOS, M. P. dos; SOUSA, A. C. P. da; SILVA, R. L. V. da; MOURA, I. A. A. de; SILVA, R. S. da; COSTA, K. D. S. da. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

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.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 186 p.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca-SP**. Tese - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Franca. 1978.

WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, F.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, v. 137, p. 256-268, 2016. DOI: 10.1016/j.catena.2015.10.004.

Controle biológico na soja no sul do Maranhão

Selma Regina de Freitas Coelho, Gracieli Lorenzoni Maroto, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c6>

Resumo

A cadeia produtiva da soja assumiu no cenário agrícola brasileiro uma importância de destaque. Contudo, o ataque de pragas vem acarretando aumento crescente de aplicações de defensivos agrícolas, principalmente de inseticidas e, conseqüentemente, aumento do custo de produção da soja. Há de se considerar ainda o crescimento de barreiras não tarifárias impostas pelos países importadores, particularmente aquelas relacionadas à área socioambiental. No estado do Maranhão o manejo integrado de pragas (MIP) é pouco empregado no controle de pragas na cultura da soja, bem como o uso de produtos biológicos. Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar o custo do controle de pragas em duas áreas: uma com o MIP usando inseticidas biológicos; e outra com controle químico, aqui chamado de sistema convencional (SC), em uma fazenda no município de Carolina, no sul do estado do Maranhão. Para o manejo das áreas de MIP+CB foram realizadas aplicações de inseticidas a base de *Bacillus thuringiensis aizawai* e a base de *Saccharopolyspora spinosa* para o combate de lagartas, principalmente do gênero *Spodoptera*; na outra área foi usado inseticida químico. A área com o manejo de MIP+CB alcançou um rendimento físico próximo da área com o uso do SC; no entanto, os custos com insumos para o controle de praga no manejo com MIP+CB foram 55% menores que os custos com insumos no SC. Considerando os benefícios, a redução dos impactos e das externalidades ambientais, o aumento da segurança alimentar e a menor exposição dos trabalhadores rurais às substâncias tóxicas, o controle biológico aplicado poderá se tornar uma prática rotineira no meio rural maranhense, contribuindo para uma agricultura mais sustentável.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas. Inseticida biológico. Controle químico.

1. Introdução

A cadeia produtiva da soja assumiu no cenário agrícola brasileiro uma grande importância que ultrapassou os limites das porteiras das fazendas para influir nas discussões sobre pesquisa tecnológica, cadeias produtivas, competitividade e até infraestrutura: é o carro chefe da agricultura de grande escala no Brasil (CUNHA, 2015).

Em dados demonstrados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), as exportações do agronegócio atingiram US\$ 15,71 bilhões em junho de 2022 e, dentre os principais produtos exportados do agronegócio, o complexo da soja contribuiu com registros recordes de US\$ 8,06 bilhões em vendas externas para o referido mês (+31,9%) (CONAB, 2022).

Segundo esse mesmo autor, no Maranhão os municípios de maior destaque na produção de soja estão localizados no sul do estado, sendo eles: Balsas, Tasso Fragoso, Sambaíba, Riachão, Alto Parnaíba e Carolina. A cultura fechou o ano de 2022 com uma produção de 3,4 milhões de toneladas em uma área plantada total de 1,04 milhão de hectares. O município de Balsas, maior produtor do estado, colheu aproximadamente 609,9 mil toneladas; ao passo que Tasso Fragoso, o segundo maior produtor, 609 mil toneladas (Figura 1).



Figura 1. Município de Balsas, MA: maior produtor de soja do estado. Fonte: Diário de Balsas, 2022.

Apesar dessa boa perspectiva gerada com relação à geração de renda e emprego, a visibilidade da cultura da soja no cenário agrícola brasileiro promoveu uma série de questionamentos ambientais: muitos são sanados com ajuda da pesquisa, extensão e pelo uso de tecnologias redutoras de impacto, como o manejo integrado de pragas (MIP) (CONTE et al., 2020).

Embora a cultura da soja seja uma das *commodities* agrícolas mais importantes do mundo, os produtores enfrentam muitos problemas relacionados ao seu cultivo, dentre eles, os danos com o complexo de pragas que crescem em espécie e níveis de infestação ao longo dos anos. O uso indiscriminado de agrotóxicos elimina uma série de inimigos naturais e, ou, benéficos à cultura da soja no médio e longo prazo, aumentando a necessidade do uso de defensivos agrícolas.

Tratando-se de exportação, há de se considerar que nas últimas décadas, viu-se a redução das barreiras tarifárias para todos os países. Considerando que essa queda tenha se dado de maneira generalizada, o setor agropecuário sofreu menos esse impacto, mantendo-se, via de regra, com uma tarifa média superior quando comparado aos demais setores (NONNENBERG et al., 2020).

De acordo com esses mesmos autores, além das medidas tarifárias, o setor também é atingido por um número considerável de medidas não tarifárias (MNTs⁷): dependendo de sua natureza, podem se estabelecer como verdadeiras barreiras ao comércio, gerando impacto sobre as exportações e importações de produtos. Novas barreiras não tarifárias surgem tais como as cotas, as restrições voluntárias à exportação e as autorizações de importação não automáticas, que têm frequentemente efeitos muito mais significativos sobre as exportações.

Por essas questões, há uma crescente preocupação com o comércio internacional de *commodities* agrícolas, tais como a soja e seus subprodutos: uma realidade e necessidade que vem se atentando às questões da sustentabilidade socioambiental, uma das preocupações, cobranças e possíveis barreiras não tarifárias constituídas pelos principais países importadores (SOUZA, 2022).

⁷ Medidas sanitárias e fitossanitárias (*sanitary and phytosanitary measures* – SPS); barreiras técnicas ao comércio (*technical barriers to trade* – TBTs); e as relacionadas às exportações (NONNENBERG et al., 2020).

O fato é que o incremento do comércio internacional é decorrente do crescente aumento populacional e pela dificuldade de se produzir alguns tipos de alimentos em determinadas partes do mundo, em quantidade suficiente para suprir a demanda de consumo.

No caso dos produtos agrícolas, o comércio mundial cresceu muito fortemente nos últimos vinte anos, tendo praticamente dobrado a comercialização em termos reais entre 1995 e 2015. Pelo lado da demanda, a expansão do comércio foi estimulada pelo aumento da renda de países em desenvolvimento: a demanda por alimentos, inclusive proteínas animais, cresceu a um ritmo superior ao do produto global, o que ocasionou um crescimento maior nas importações de produtos agropecuários em países asiáticos, que dos demais produtos em anos recentes (NONNENBERG et al., 2020).

No entanto, apesar da evidente importância do comércio internacional de produtos agrícolas, é reconhecido o elevado risco de disseminação e introdução de pragas inexistentes (quarentenárias) em determinadas regiões ou países importadores (COSTA et al., 2022). De acordo com esses mesmos autores, diante desta preocupação, o transporte de produtos agrícolas entre países está condicionado ao cumprimento de requisitos fitossanitários estabelecidos com base na categorização e na análise de risco de pragas. Estas ferramentas reduzem o risco de introdução de novas pragas e protegem as áreas agrícolas e nativas do país importador.

Identificadas questões dessa magnitude e significância, o presente estudo teve como objetivo verificar o custo do controle de pragas em duas áreas: uma com o uso do MIP associado aos produtos biológicos (MIP+CB); e outra com controle químico, aqui chamado de sistema convencional (SC), em uma fazenda localizada no município de Carolina, no sul do estado do Maranhão.

2. Produção de alimentos e uso de agrotóxicos

A região Nordeste, apesar do menor consumo de agrotóxicos em relação a outras regiões do Brasil, destaca-se na produção de diferentes culturas, tais como a cana-de-açúcar, algodão, soja, milho e caju. Ainda assim, alguns estados e áreas tem recebido ampla preocupação ambiental e social devido à contaminação por agrotóxicos. Uma destas áreas está localizada na região de

Barreiras no estado da Bahia e o município de Balsas no estado do Maranhão (IBGE, 2012; SOARES; PORTO, 2007 *apud* FERNANDES, 2020).

Conforme Valadares et al. (2020), a maior parte das áreas onde se verificou aumento ou intensificação do uso de agrotóxicos, houve uma redução da área colhida de culturas alimentares, em contraposição ao aumento da área colhida de *commodities* agrícolas (soja e cana-de-açúcar), cuja produção está atrelada à adoção de pacotes tecnológicos, que têm como um de seus componentes a utilização intensiva de insumos químicos.

Nas últimas décadas, a região do sul do Maranhão vem passando por constantes modificações em suas paisagens, devido ao avanço do agronegócio da soja (Figura 2). Paisagens heterogêneas com cerrado e pastagens naturais foram sendo gradualmente substituídas por cultivos homogêneos de milho e soja (OLIVEIRA, 2012). A conversão da vegetação de cerrado em cultivos de soja tem um efeito negativo na riqueza de espécies da flora e fauna, ocasionando ainda mudanças na composição de espécies de insetos (FRIZZO, 2016) (Figura 3).



Figura 2. Desmatamento do cerrado e monocultivo de soja. Fonte: Diário de Balsas, 2021.

O problema decorrente do ataque de pragas na soja vem acompanhado de um número crescente de aplicações de inseticidas. Estratégias como o manejo integrado de pragas (MIP) integrando o controle biológico têm sido pouco empregadas, o que contribui para aumento do uso de defensivos químicos e consequentemente os custos de controle dos insetos (CÔRREA-FERREIRA, 2013).

O MIP integra diversas táticas protetoras da cultura ao ataque de pragas, por meio do conhecimento desses organismos e de suas interações com o meio. Para tal, baseia-se na correta identificação e no constante monitoramento dos níveis populacionais das pragas e de seus inimigos naturais, na mortalidade natural e na tolerância das plantas às suas injúrias (OLIVEIRA, 2022).

O MIP tem como base a aplicação conjunta de diferentes práticas, como reconhecimento de pragas-chaves para a cultura, monitoramento e controle utilizando métodos químicos e agentes de controle biológico. O MIP e o controle biológico estão intimamente relacionados, pois é dentro do conceito de MIP que o controle biológico encontra suas melhores chances de ser bem-sucedido (SIMONATO *et al.*, 2014).



Figura 3. Desmatamento no cerrado maranhense cresce 40%. Fonte: Diário de Balsas, 2021.

Menezes (2003) ressalta que “o controle biológico é um processo dinâmico que sofre influência de fatores intrínsecos e extrínsecos, disponibilidade de alimentos e competição, incluindo aspectos independentes e dependentes de densidade”; associado a isso, deve-se dar importância ao monitoramento eficiente em campo.

Em programas de MIP, a racionalização do uso de inseticidas também é fator fundamental para o manejo da resistência, onde a rotação de princípios ativos, a preferência pela utilização de inseticidas mais seletivos e sua aplicação somente nas áreas em que a densidade da praga se encontra no nível de controle devem ser priorizados (CONTE *et al.*, 2017).

O uso do MIP deve-se ao fato do controle fitossanitário representar atualmente um montante crescente do custo de produção, dada à elevação do preço dos insumos e da maior frequência do seu uso, favorecendo a evolução da resistência, reduzindo a eficácia das aplicações e aumentando o risco ao ambiente. A escolha por alternativas de controle que não sejam químicas, utilizando microrganismos antagônicos para a redução dos danos econômicos causados as culturas são crescentes.

Em áreas do estado do Paraná que adotaram o MIP, obteve-se uma economia em média de 1,3 sacas por hectare, comparativamente às informações obtidas no levantamento de áreas que não utilizaram esse manejo na safra de 2016/2017. Quanto aos custos de controle de pragas em lavouras não assistidas pelo programa MIP, constatou-se que o maior número de aplicação de inseticidas, em média 3,7, é o fator diferencial para a elevação dos custos em relação às áreas que usaram o MIP (CONTE *et al.*, 2017).

Diversas pragas podem ocorrer em lavouras de soja ao longo do seu desenvolvimento, atacando diferentes estruturas da planta e reduzindo a produtividade da cultura, o que demanda a utilização de medidas de manejo para evitar tais perdas (ROGGIA *et al.*, 2020). Por essas razões, propõem-se critérios adequados para decisão de aplicações de agrotóxicos, produtos mais seletivos aos inimigos naturais e integração de estratégias como controle biológico e cultivares mais tolerantes aos artrópodes-praga (OLIVEIRA, 2022).

Visto a importância da soja para a agricultura brasileira e para o estado do Maranhão, o uso de produtos mais seletivos e sustentáveis deve ser incentivado, refletindo o desejo de diversos setores e da população para o

desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, com o intuito de reduzir os efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde dos consumidores.

3. Metodologia

O município de Carolina, no estado do Maranhão, tem sua economia alicerçada no turismo, pois se localiza na região de abrangência do Parque Nacional da Chapada das Mesas. Para a produção agrícola tem a soja e o milho como as culturas que mais se destacam.

Este estudo foi realizado em uma fazenda localizada no município de Carolina a 7° 53' 17" S e 46° 57' 39" W, com altitude média de 340 m. A área já utiliza o MIP com diferentes métodos de controle na cultura da soja há três safras e segue para a terceira do milho safrinha.

O plantio da área de 311 ha usada para esse trabalho foi realizado no dia 01 de novembro de 2017. O sistema adotado foi o plantio direto na palha (SPD) em solo homogêneo. O espaçamento foi de 45 cm linha⁻¹, com densidade de 405.995 plantas ha⁻¹. A cultivar utilizada na área de estudo foi TMG1180, com crescimento semideterminado e com ciclo de 105 dias.

O talhão foi dividido em duas áreas de estudo: uma com o uso do sistema convencional, que se baseia no controle químico com as calendarizações das pulverizações para o manejo de lagarta sem monitoramento; e a outra com o uso do MIP + CB. Na área de manejo do MIP usando o controle biológico, realizou-se a aplicação de inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis aizawai* e a base de derivado de bactéria *Saccharopolyspora spinosa* para o combate de lagartas, principalmente do gênero *Spodoptera*.

Pelo monitoramento realizado na área de estudo foi observado uma maior incidência da lagarta do gênero *Spodoptera*. O tempo médio decorrido da emergência até primeira aplicação foi entre 15 e 25 dias. A aplicação preventiva realizada serve para assegurar contra a capacidade inerente de aumento em número de uma população, impedindo-a que se torne numericamente tão alta, mantendo a população em um nível médio de abundância característico, chamado de nível ou posição de equilíbrio natural (MENEZES, 2003).

Como o período residual do inseticida biológico pode variar devido às condições climáticas, entre 15-20 dias até a colheita, foram realizadas cinco

aplicações para o combate de lagartas do gênero *Spodoptera*, com intervalos de 20 dias no tratamento com o inseticida biológico. No tratamento com inseticida químico, as cinco aplicações também foram realizadas entre 15-20 dias.

A colheita das áreas de estudo foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2018, sendo que as áreas foram colhidas separadamente, mensurando o rendimento em sacas ha⁻¹.

3.1. Apresentação dos dados

Os custos do controle de pragas nas duas áreas analisadas foram obtidos por meio do custo médio de insumos para cada aplicação; neste caso, inseticidas químicos e biológicos, mais os adjuvantes quando necessários, e os custos operacionais das aplicações.

Os inseticidas químicos utilizados no sistema convencional são os usualmente utilizados na região. Os principais princípios ativos empregados para combate de lagarta, suas dosagens e valores médios foram: metonil (0,5 l ha⁻¹), a um valor de R\$ 15,00 l⁻¹; acetamiprido + fenpropatrina (400ml ha⁻¹), a um valor de R\$ 40,00 l⁻¹; teflubenzuron (50 ml ha⁻¹), a um valor de R\$ 6,00 l⁻¹; e o lambda-cialotrina (750 ml ha⁻¹), a um valor de R\$ 6,00 l⁻¹.

Para o manejo associado ao MIP foram usados os inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis aizawai* na quantidade de 1,2 ml ha⁻¹, a um valor de R\$ 6,00 l⁻¹; e outro a base de derivado de bactéria *Saccharopolyspora spinosa*, na quantidade de 2 l ha⁻¹, a um valor de R\$ 6,00 l⁻¹.

O custo operacional foi considerado o mesmo para as duas áreas de estudo, MIP+CB e o SC, levando-se em conta os maquinários utilizados nas condições do sul do estado do Maranhão (MA), com volume de calda de 100 l ha⁻¹.

4. Resultados e discussão

Para controle de insetos-pragas na cultura da soja, escolheu-se o MIP associado ao controle como estratégia ao uso do SC.

Os custos de produção da cultura da soja em áreas próprias, na safra 2017/2018 foi de R\$ 2.725,83, aproximadamente 52,3 sacas ha⁻¹, considerando o preço praticado para a soja de R\$ 70,00 saca⁻¹ em junho de 2018. Segundos dados da CONAB (2022), o custo ha⁻¹ na safra de verão 2022 ficou em R\$

4.803,79 para as despesas com custeio da lavoura de soja na região de Balsas/MA, referência para os cálculos na região sul do estado. Com os agrotóxicos, o custo ha^{-1} correspondeu a 31,7% do valor total.

A produtividade média alcançada na fazenda foi de 52,82 sacas ha^{-1} . No caso da área com o sistema convencional, a produtividade alcançada foi de 65,3 sacas ha^{-1} ; já na área do MIP+CB, a produtividade foi de 66,5 sacas ha^{-1} , proporcionando ao produtor uma sobra de 13,68 sacas ha^{-1} comparando com a produtividade média obtida na fazenda. No levantamento realizado nas 141 Unidades de Referência em MIP (URs) conduzidas nas diferentes macrorregiões no estado do Paraná em 2017, a soja oportunizou ao produtor ter sobras entre 12,8 e 10,3 sacas ha^{-1} levando em consideração a produtividade média da região (CONTE et al., 2017).

Também, foi observado nas unidades que adotaram o MIP, um prolongamento no tempo decorrido do plantio até a primeira aplicação de inseticidas. Nas áreas em que se praticou o MIP, os produtores fizeram a primeira aplicação depois de 50 dias de semeadura da soja, enquanto a média paranaense foi de 25 dias para a primeira aplicação. É muito importante conseguir retardar a primeira aplicação, pelo fato de ela manter por mais tempo o equilíbrio entre as populações de insetos benéficos e insetos-praga, resultando em menor número de intervenções (CONTE et al., 2017).

É importante destacar que o uso do MIP+CB não está diretamente relacionado à produtividade, mas é considerada uma estratégia que faz parte de um conjunto de práticas sustentáveis para o melhor emprego dos recursos naturais que visam resultados com enfoque ecológico, rentáveis e socialmente justos. A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo (MAUAD et al., 2010).

Contudo, o que parece simples, nem sempre é adotado no campo. Em muitas lavouras brasileiras, os inseticidas são usados sem que seja considerada a presença efetiva das pragas ou o nível de dano que elas causam. Isso ocorre em função da utilização de um calendário de aplicação de produtos químicos onde os inseticidas são usados com outros produtos. "Procedendo dessa maneira, o agricultor tende a realizar aplicações de inseticidas muito antes do momento adequado e gastar mais inseticidas do que o necessário". O maior número de aplicações tem por consequência o aumento do custo de produção,

eliminação de agentes de controle biológico e aumento do risco de desenvolvimento de pragas resistentes (ROGGIA *et al.*, 2020).

O custo médio de insumos por aplicação foi calculado levando-se em conta os inseticidas químicos usados no sistema convencional, assim como dose utilizada pelo produtor e preços médios dos inseticidas na safra 2017/2018. Esse custo ficou em média no valor de R\$ 136,00 para o sistema convencional; já para a área do MIP+CB, os custos médios de insumos da aplicação foram 55% menor quando comparado com o SC. Segundo Menezes (2003), o controle biológico de pragas torna-se uma ferramenta fundamental no manejo de pragas agrícolas por ser de custo relativamente mais baixo e de menor risco a saúde humana e ao meio ambiente.

Na área onde se realizou o MIP+CB, houve ganho de 1,2 saca de soja ou R\$ 84,00 ha⁻¹, em relação ao SC. Trabalhos realizados em lavouras do Paraná com o uso do MIP+CB, os ganhos chegaram a 2,62 sacas de soja ou R\$ 157,20 ha⁻¹, em relação ao SC. Ressalta-se a importância das estratégias de monitoramento das lavouras do sistema produtivo, avaliando a ocorrência de pragas e seus inimigos naturais para tomada de decisão quanto ao uso de produtos biológicos. Para o controle de pragas como a lagarta, apresentam resultados positivos, especialmente econômicos, quando se comparam os diferentes manejos praticados pelos produtores na região (CÔRREA-FERREIRA, 2013).

Para análise econômica foi considerado o preço médio de R\$ 15,00 ha⁻¹ para os serviços de pulverização (Tabela 1).

A quantidade de aplicações para as duas áreas foi a mesma, mas a adoção do MIP+CB torna-se viável pelo valor dos insumos que são menores quando comparados aos produtos químicos. Também, pela garantia de uma produtividade associada à sustentabilidade ambiental, propiciando melhorias na qualidade de vida e na renda do produtor de soja (Tabela 1).

Mostra-se possível reduzir o uso de agroquímicos no controle de pragas com o uso do MIP+CB na soja no sul do estado do MA, corroborando com os trabalhos realizados no Brasil que relatam casos de sucesso no uso desse manejo para a cultura da soja (MOSCARDI *et al.*, 2011; AVILLA *et al.*, 2013).

Tabela 1. Análise comparativa de custo entre o manejo integrado de pragas usando controle biológico (MIP+CB) e o sistema convencional (SC) de controle de pragas na cultura da soja em uma área de estudo no sul do estado do MA.

Manejo	N° médio de aplicações	Custo (R\$/ha ⁻¹) ¹			Custo (sacas/ha ⁻¹)	Produtividade (sacas/ha ⁻¹)
		Insumos	Serviços	Total		
MIP+CB	5	60 ²	75 ³	135	1,93	66,5
SC	5	136	75	211	3,01	65,3

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: ⁽¹⁾ Preço médio da saca de soja em junho de 2018 = R\$ 70,00; ⁽²⁾ Valor do inseticida biológico = R\$ 6,00; ⁽³⁾ Serviço de pulverização = R\$ 15,00.

A tomada de decisão por uma forma de controle como o uso do MIP+CB em substituição ao sistema convencional deve ser para um produtor uma escolha consciente. Deve-se, principalmente, pela necessidade de sair de um padrão adotado com as calendarizações das pulverizações, para estratégias como o monitoramento regular e constante da sua área produtiva, considerando o nível de ataque, o número e tamanho dos insetos e o estágio de desenvolvimento da soja.

Porém, em anos recentes, houve uma redução substancial na adoção do MIP-Soja. Em consequência, o número de aplicações voltou a atingir uma média de quatro a seis aplicações por safra. Associado a este aumento do número de aplicações, tem ocorrido surtos de diversas espécies de pragas secundárias, que até recentemente não apresentavam importância econômica, tais como: a lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*), lagartas das vagens (*Spodoptera* spp.), ácaros e *Helicoverpa*. Também, elevou-se a resistência de pragas aos inseticidas, como no caso dos percevejos. Para obter resultados mais efetivos, é fundamental tanto o manejo das culturas que antecedem a soja, quanto as que a sucedem, considerando também o seu entorno (ROGGIA et al., 2020).

Conforme Gallo et al. (2002) ressaltam: “o controle biológico é um processo dinâmico que sofre influência de fatores climáticos, disponibilidade de alimentos e competição, incluindo aspectos independentes e dependentes de

densidade”. Associado a esses fatores, deve-se dar importância ao monitoramento eficiente em campo, que facilita o controle preventivo, utilizado nos estágios iniciais das pragas e antes da ocorrência de doenças, evitando que alcancem níveis de dano econômico.

5. Considerações finais

As preocupações mundiais relativas às questões socioambientais e o grande crescimento da utilização de barreiras não tarifárias (MNTs), concomitantemente à redução das barreiras tarifárias, provoca a preocupação quanto ao seu impacto sobre os fluxos de comércio. Muitos consideram que as MNTs são a nova forma de protecionismo.

Contudo, há de se considerar que é preciso considerar que elas consistem em regulamentos, decretos, leis, portarias, entre outros, que têm por objetivo tanto restringir o comércio por diversas razões, como simplesmente estabelecer padrões aduaneiros, logísticos, entre outros. Portanto, uma medida tem um sentido e um impacto totalmente diferentes da outra.

No entanto, como o número de medidas é crescente, é preciso compreender adequadamente como medir seu efeito sobre o comércio. Diversas instituições internacionais desenvolveram uma base de dados de MNTs bastante detalhada por produtos e medidas. Como os produtos do agronegócio estão entre os principais componentes da pauta de exportações do Brasil, sendo bastante sujeitos a essas recentes medidas, é preciso que tais questões sejam objeto de pesquisa.

Dessa forma, as informações sobre as principais características e sintomas e as medidas de manejo para as pragas de importância para a soja devem ser bem conhecidas. É preciso qualificação aos interessados em exportar em todas as etapas de produção no campo e na pós-colheita dos grãos, de modo a adequar o cultivo da soja brasileira e maranhense aos padrões fitossanitários estabelecidos pelo protocolo de exportação entre Brasil e seus principais parceiros importadores.

Ressalta-se a importância de se orientar as empresas e, ou, produtores a buscarem sempre a integração de todas as boas práticas de produção sustentáveis disponíveis, incluindo aquelas relacionadas ao controle de pragas.

No presente estudo, a área com o manejo de MIP+CB alcançou um rendimento físico próximo da área com o uso do SC; no entanto, com custo de produção menor: os custos com insumos para o controle de praga no manejo com MIP+CB foram 55% menores que os custos com insumos no SC.

Com o ganho de 1,2 sacas de soja ha⁻¹ ou R\$ 84,00 ha⁻¹ na área de MIP+CB, sendo que com base nesses resultados, deve-se considerar que o controle biológico, atualmente, torna-se um componente de programas inter e multidisciplinares de MIP, ao lado de outras medidas de controle de insetos.

O controle biológico aplicado com agentes parasitoides assume importância crescente em Programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo responsável pela manutenção e redução rápida da população de pragas para seu nível de equilíbrio. Considerando os benefícios, a redução dos impactos e das externalidades ambientais, aumento da segurança alimentar e a menor exposição dos trabalhadores rurais as substâncias tóxicas, o controle biológico aplicado poderá se tornar uma prática rotineira em nosso meio rural, contribuindo para uma agricultura mais sustentável.

6. Referências bibliográficas

AVILLA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G.V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas.** Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 1-12. Circular técnica 23.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). (2022). **Série Histórica: Custos - Soja 1997 a 2022.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/16264-serie-historica-custos-soja-1997-a-2021>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de grãos.** v. 09, número 12. Disponível em: Conab - Boletim da Safra de Grãos. Acesso em: 17 set. 2022.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo Integrado de pragas da soja na safra 2016/17 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja Documentos 394. 2017. 70 p.

CONTE, O.; POSSAMAI, E. J.; SILVA, G. C.; REIS, E. A.; GOMES, E. C.; CORRÊAFERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M. **Resultados do manejo**

integrado de pragas da soja na safra 2019/2020 no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 65 p. Documentos, 431.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; CASTRO, L. C. de; ROGGIA, S.; CESCINETTO, N. L.; COSTA, J. M. da; OLIVEIRA, M. C. N. de. **MIP-Soja: resultados de uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja.** Embrapa Soja Documentos 341, 2013. 55 p.

COSTA, R. V.; SILVA, A. F. da; MENDES, S. M.; VASCONCELOS, M. J. V. de; PIMENTEL, M. A. G.; SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; VIANA, P. A.; BORGHI, E.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, I. R. de; SOUZA, C. F. **Identificação e manejo de Pragas Quarentenárias e eventos transgênicos para a exportação de milho do Brasil para a China.** Departamento de Sanidade Vegetais e Insumos Agrícolas da Secretaria de Defesa Agropecuária (DSV - SDA) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Brasília: EMBRAPA, 2022. 65 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/exigencias-fitossanitarias/MIPExportaodemilhoChina.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

CUNHA, R. C. C. **Gênese e dinâmica da cadeia produtiva da soja no sul do Maranhão.** Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. 2015.

DIARIODEBALSAS. **Desmatamento no cerrado maranhense aumenta 40%.** 2021. Disponível em: <https://www.diariodebalsas.com.br/noticias/desmatamento-no-cerrado-do-maranhense-aumenta-40-26076.html>. Acesso em: 26 mar. 2023.

DIARIODEBALSAS. **Município de Balsas é o maior produtor de soja do estado do Maranhão.** 2022. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=balsas+maior+produtor+de+soja+do+maranhao>. Acesso em: 26 mar. 2023.

FERNANDES, C. L. F.; RAMIRES, P. F.; MOURA, R. R. de; POHREN, R. de S.; VOLÇÃO, L. M.; JUNIOR, F. M. R. da S. Quais agrotóxicos estão contaminando os solos brasileiros?. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 3, p. 1149-1197, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2569. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2569>. Acesso em: 03 dez. 2022.

FRIZZO, T. L. M.; **Mudanças do uso da terra sobre a comunidade de formigas e a retenção dos serviços ecossistêmicos no Cerrado.** Programa de Pós-graduação em Ecologia. Universidade de Brasília-UNB, 2016.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola.** Piracicaba, SP, Brasil. Editora FEALQ. 2002. 10ed. p. 282-289.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro avança pela fronteira agrícola e mostra o Maranhão rural.** (2012). Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/19116-censo-agro-avanca-pela-fronteira-agricola-e-mostraomaranhao-rural>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**. Dourados. v. 3, n. 9, p 175-181, 2010.

MENEZES, E. de L. A. **Controle biológico de pragas: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas**. Embrapa Agrobiologia Documentos 164, 44 p., 2003.

MOSCARDI, F.; SOUZA, M. L. de; CASTRO, M. E. B. de; MOSCARDI, M. L.; SZEWCZYK, B. *Baculovirus pesticides: present state and future perspectives*. 2011. p. 415-445. In: AHMAD, L.; AHMAD, F.; PICHTEL, J. **Microbes and microbial technology agricultural and environmental applications**. Editora Springer, London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

NONNENBERG, M.; ANDRADE, G.; OLIVEIRA, H.; SACCARO, A. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Barreiras não tarifárias ao comércio de produtos agropecuários brasileiros**. Brasília, Rio de Janeiro: IPEA, 2020. ISSN 1415-4765.

OLIVEIRA, A. B. de; GOMES, E. C.; POSSAMAI, E. J.; SILVA, G. C.; REIS, E. A.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; CONTE, O. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2020/2021 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 67 p., n. 443, ISSN 2176-2937.

OLIVEIRA, D. M. V. **Territórios da fronteira/fronteira dos territórios: o novo sertão de Balsas, sul do Maranhão**. XXI Encontro de geografia agrária, Uberlândia-MG. 2012.

ROGGIA, S.; BUENO, A. de F.; FERREIRA, B. S. C.; SÓSA-GOMEZ, D. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HIROSE, E.; GAZZONI, D. L.; PITTA, R. M.; PEREIRA, P. R. V. da S.; OLIVEIRA, C. M. de; OLIVEIRA, F. T. de. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. cap. 9, p. 197-226.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J.; OLIVEIRA, H. N. de. Controle biológico de insetos-pragas na soja. p. 178-193. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCEE, R. **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Fundação MS, Maracaju, MS, Brasil. 2014.

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>.

VALADARES, A; ALVES, F.; GALIZA, M. **O crescimento do uso de agrotóxicos: uma análise descritiva dos resultados do Censo Agropecuário de 2017**. Nota Técnica n. 65. (Brasília, DF): Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas IPEA; 2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35512. Acesso em: 03 dez. 2022.

Resíduos agrícolas da pecuária leiteira

Fernanda Pereira Soares Faria, Pablo Pin Machado, André Luiz Buzato Pereira Azevedo, Aparecida de Fátima Madella de Oliveira, Jéssica Delesposte Destefani, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c7>

Resumo

Qualquer atividade antrópica é capaz de produzir impactos ambientais, que são temporais e espaciais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço. Sabe-se que existe uma relação direta entre qualidade ambiental, manutenção dos serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos. Dentro dos atuais modelos de produção que exploram os recursos naturais, todos afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e dos recursos naturais em paisagens do entorno. Apesar dos avanços obtidos e contemplados pela legislação ambiental atual, no passado, era reduzida a preocupação com a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, o que favoreceu a ocorrência de inúmeros processos de degradação, resultado na criação de diversas áreas improdutivas ao longo do território brasileiro. Em tais áreas, com o descarte inadequado, não confinado e tratado, há decomposição descontrolada de matéria orgânica, podendo atingir os mananciais hídricos subterrâneos e superficiais, desencadeando a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Para que se possam compreender o verdadeiro sentido das expressões meio ambiente e “ecologia”, tem-se que superar o desconhecimento sobre o tema, até mesmo em relação aos princípios fundamentais e aceitar a condição básica de que a solução se inicia individualmente: desde a postura pessoal, até a crítica coletiva consciente. O presente capítulo apresenta formas adequadas de disposição de resíduos e um Estudo de Caso no município de Atilio Vivácqua, ES, onde a prefeitura municipal desenvolve um programa de aproveitamento de resíduos bovinos para adubação de capineiras, canaviais e recuperação de áreas degradadas. Cabe considerar que, anteriormente, esses resíduos eram lançados diretamente nos corpos hídricos, causando sérios problemas de poluição e assoreamento.

Palavras-chave: Percepção, Conservação e preservação ambiental. Adubação orgânica, Fertirrigação.

1. Introdução

Como reflexo do crescimento da produção agropecuária nas últimas duas décadas, houve um aumento de 300% na demanda por fertilizantes no Brasil. Nesse mesmo período, a produção nacional de fertilizantes teve um decréscimo de cerca de 30%, aumentando a dependência do país por produtos importados, que corresponderam a 90% dos adubos utilizados no ano de 2021 (NASTARI, 2022).

Neste contexto, o Brasil junto com China, Índia e EUA, são os países que mais usam produtos químicos como fertilizantes, em diversas culturas: como resultado, foram os maiores importadores globais de fertilizante nos últimos anos. O Brasil se tornou dependente dos fertilizantes conhecidos popularmente por NPK - nitrogênio, potássio e fósforo, que é utilizado em larga escala para a produção de milho, soja e cana-de-açúcar (ZONTA; STEFANATO; PEREIRA, 2021).

Como agravante, há de se considerar a crise no fornecimento de fertilizantes agravada pelos conflitos entre a Rússia e a Ucrânia, que contribuiu ainda mais para a escassez desse produto no mercado com preços acessíveis, elevando o custo de produção e colocando em risco a segurança alimentar da população brasileira (NASTARI, 2022).

Por tais questões, o uso de resíduos orgânicos vem sendo resgatado e avaliado como uma alternativa complementar e mais sustentável, além de ser capaz de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SOUZA, 2022). Cabe considerar que o aumento na atividade microbiana e abundância de bactérias no solo também afeta a dinâmica de nutrientes e os processos de nitrificação e desnitrificação, aumentando a disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes para a planta (XIA et al., 2020).

Também, de acordo com esses mesmos autores, é sabido que a mobilidade da água que percola além da zona radicular depende da capacidade de infiltração, condutividade hidráulica e retenção de água no solo, sendo esses fatores amplamente dependentes da proporção e conexões entre micro, meso e macroporos, que são diretamente beneficiados pelo uso de resíduos orgânicos: além de aumentar a retenção de água, cria um habitat protegido e propício ao desenvolvimento de diversos microrganismos, que estabelecem importantes relações com o meio ambiente.

No cenário ambiental, uma das principais ameaças à sustentabilidade para as futuras gerações, está relacionada aos processos de descarte inadequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados pela sociedade, comércio, indústrias e resíduos agropecuários. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), serve de alicerce para orientar sobre o gerenciamento menos impactante de resíduos, incluindo as regulamentações sobre as formas adequadas de destinação final dos resíduos oriundos de diversos setores produtivos.

A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e os recursos naturais em paisagens do entorno. Apesar dos avanços obtidos e contemplados na legislação atual, no passado, era reduzida a preocupação com a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, o que favoreceu a ocorrência de inúmeros processos de degradação ambiental, resultado na criação de diversas áreas improdutivas ao longo do território brasileiro (BENETTI; BIDONE, 2001; ZULIANI, 2003).

Em tais áreas, para esses mesmos autores, com o descarte inadequado, há uma decomposição descontrolada de matéria orgânica. Acarreta a produção de poluentes que poderão ser incorporados ao solo: quando não confinado e tratado adequadamente, pode atingir os mananciais hídricos, subterrâneos e superficiais, desencadeando a contaminação dos recursos hídricos.

Os resíduos sólidos são classificados em cinco classes (MONTEIRO et al., 2001): lixo doméstico, comercial, público, domiciliar especial (entulho de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneus) e lixo de fontes especiais (lixo industrial, radioativo, de portos e aeroportos, terminais rodoferroviários, lixo agrícolas e resíduos de serviços de saúde). Os riscos de contaminação ao meio são classificados em três classes:

- Classe 1 ou perigosos: consideram-se os resíduos com características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;

- Classe 2 ou não inertes: inclui os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade; e

- Classe 3 ou inertes: engloba aqueles que, por suas características são inseparáveis, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente.

Frente ao atual cenário mundial globalizado, onde e como produzir se torna prioridade, em decorrência do exacerbado crescimento populacional, tecnológico e industrial - o setor agropecuário também deve passar por mudanças significativas. O homem passou a utilizar os recursos de forma predatória, investindo em insumos externos e obtendo resultados em curto prazo, buscando sempre produzir exponencialmente para atender à crescente demanda mundial por alimentos. Novas fronteiras agropecuárias foram abertas, sem nenhum planejamento e controle ambiental. O uso cada vez mais predatório dos recursos naturais resultou em sérios impactos e externalidades socioambientais, interferindo em diversos outros setores do ecossistema (MEIRA et al., 2004; SOUZA, 2022).

A agricultura convencional ou agroquímica, modelo de produção predominante em todo o mundo, contribui com a degradação ambiental: utiliza os recursos naturais de forma predatória, que em curto prazo traz benefícios, mas que ao longo do tempo causa degradação ambiental não observada pelo produtor rural: uma vez que visam a alta produtividade do agroecossistema, muitas vezes demasiadamente oneroso e sempre insustentável (SOUZA, 2005; 2018).

Existem diversas metodologias para a adoção da agricultura agroecológica que busca a sustentabilidade de um sistema de produção, utilizando sempre o conhecimento dos próprios produtores e a minimização dos efeitos danosos aos recursos naturais e ao meio ambiente em que estão inseridos (SOUZA, 2012).

Algumas técnicas merecem destaque, pois trazem resultados significativos para a agropecuária. Podem-se destacar o uso de adubos orgânicos, o sistema de plantio direto, a adubação verde e os sistemas agroflorestais, que garantem o equilíbrio do sistema, buscam a sustentabilidade, diminuem o custo de produção, garantindo a possibilidade de renda extra ao produtor.

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes vêm crescendo no Brasil, visando insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agropecuária menos dependente de produtos industrializados (DELEITO et al., 2005). Podem ser produzidos pelo próprio agricultor, economizando nos insumos importados e promovendo a melhoria no

saneamento ambiental. Os biofertilizantes são preparados a partir da digestão anaeróbica ou aeróbica de materiais orgânicos e minerais. Sua composição química varia conforme o método de preparo e o material que o origina.

A adubação orgânica com esterco animal (VAN KESSEL; REEVES, 2002), é uma opção viável para manter os níveis de fertilidade em sistemas de produção, principalmente, com base na agricultura familiar (SABOURIN et al., 2000). Nesses sistemas, os fertilizantes minerais são pouco utilizados, tornando a produtividade dependente da ciclagem dos reservatórios orgânicos de nutrientes contidos no solo (TIESSEN et al., 1994).

No Brasil, existe considerável volume de água residuária que poderia ser utilizada para adubação em várias culturas. Os custos com mão de obra e transporte para aplicação desses dejetos têm levado a busca de alternativas econômicas, como a aplicação via sistema de irrigação: dependendo de sua origem, o resíduo animal pode conter 60 a 98% de líquido (DRUMOND et al., 2006). A fertirrigação é uma prática realizada com quantidades pré-estabelecidas de fertilizantes e de água exigidas pela cultura a ser irrigada (PAPADOPOULOS, 1999).

Dessa forma, a proposta deste capítulo é apresentar opções de uso de resíduos da agropecuária para produção e recuperação de áreas degradadas, com a aplicação de práticas e manejo de bases agroecológicas, visando o uso racional do solo e da água, bem como a valorização do potencial endógeno da propriedade.

Este estudo é uma pesquisa bibliográfica realizada, inicialmente, entre agosto de 2019 a dezembro de 2019. Foram realizadas consultas a livros e periódicos da Biblioteca do Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre e do Centro de Ciências Agropecuárias da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES; e artigos científicos selecionados por meio de busca de banco de dados do *Scielo*. Tem como objetivo geral buscar medidas que viabilizem o uso adequado de resíduos agropecuários para fins diversos, inclusive, na recuperação de áreas degradadas.

2. Área degradada

As observações em campo permitem constatar que a degradação hoje existente é decorrente, principalmente, de atividades antrópicas de uso e

ocupação do solo. As práticas de recuperação adotadas em um dado projeto visam refrear a fragmentação florestal e restabelecer o funcionamento dos processos ecológicos de um agroecossistema, incluindo os mecanismos hidrológicos, as condições edáficas, as interações bióticas e o fluxo gênico (SOUZA, 2018).

2.1. Caracterização da área degradada

A caracterização de diferentes componentes de um sistema degradado requer a realização de análises físicas, químicas e biológicas, as quais exigem cuidados e procedimentos específicos, que devem ser considerados em função de variações qualitativas e quantitativas destes componentes (SOUZA, 2018).

GRIFFITH (2001) considera que os processos que envolvem o restabelecimento de áreas degradadas, baseiam-se na intervenção de componentes do ambiente, tais como os substratos, a vegetação e a fauna, corrigindo ou acrescentando aqueles que foram identificados a partir de um amplo estudo de caracterização da área.

A etapa inicial do planejamento deve permitir o conhecimento da amplitude do problema ambiental no qual o projeto de recuperação está inserido. De acordo com Dias (2003), o ambiente degradado permite diferentes abordagens para a sua caracterização:

a) Abordagem restritiva ou segmentada: Analisa-se cada componente (solo, água, ar), facilitando a visualização e a sua quantificação; e

b) Abordagem ampla ou não segmentada: A partir de conceitos de ecologia, visualizando o ambiente como um conjunto de componentes que se encontra em equilíbrio ou, em estado de relativa estabilidade, posto ser temporal, onde a energia erosiva permanece relativamente estabilizada.

Na Tabela 1 segue o exemplo da caracterização de uma dada área.

Tabela 1. Caracterização de uma área apresentando sua situação original e atual

	Situação Original (Antes dos Danos)	Situação Atual (Após os Danos)
Relevo	Relevo inicial da propriedade	Relevo atual (plano, acidentado, etc.)
Solo	Tipo de Solo (Análise de solo)	Tipo de Solo (Análise de solo)
Hidrografia	Existência de nascentes? Cursos d'água?	Número de nascentes
Vegetação	Vegetação primária (de acordo com a Resolução CONAMA 004, de 04 de maio de 1994).	Perda de vegetação ocorrida durante a exploração.

Tais informações podem ser obtidas, no caso de pequenos projetos, com o proprietário da área, por meio de revisões bibliográficas, em órgãos como a Prefeitura, INCAPER, entre outros.

2.2. Recuperação de Área Degradada

Historicamente, a expansão da agropecuária no Brasil foi responsável pelas principais mudanças na cobertura e uso das terras. As frentes pioneiras, já bastante descritas na literatura científica brasileira, constituíram o principal vetor de ampliação da área de desmatamento para uso agrícola e pastoril no Brasil. Baseadas no avanço dos pequenos agricultores em busca da fertilidade natural do solo de matas, essas frentes desempenharam um papel fundamental durante o processo de industrialização.

A ocupação mais intensa desses biomas vem provocando problemas ambientais em larga escala decorrentes da rápida expansão da economia agropastoril. Dentre esses processos, impactos e externalidades gerados pela degradação ambiental, que podem ocasionar mudanças naturais em seus aspectos biológicos, físicos e químicos, afetando todo o ecossistema, destacam-se: erosão e compactação do solo, contaminação química das águas e da biota por agrotóxicos, desmatamento, redução da disponibilidade de água subterrânea pela irrigação inadequada das áreas cultivadas, redução da diversidade vegetal e animal e perdas de solos (SOUZA, 2018; 2022).

De imediato, verifica-se o empobrecimento do ecossistema, com a perda de espécies vegetais nativas, criando-se condições para a diminuição das Áreas de Preservação Permanente – APP. Uma dessas áreas se refere às matas ciliares: com a ausência da mesma, as águas da chuva e do próprio rio transportam sedimentos para dentro do curso d'água - desta maneira, aumentando a assoreamento dos rios (ARAUJO, 2005) (Figura 1).

Essa vegetação também protege os rios de diversas substâncias poluidoras, inclusive produtos químicos usados em áreas de cultivo, atuando como uma “parede” que barra a entrada dessas substâncias contaminantes para as águas (CAMPOS; MATHIAS, 2010). Outra função das matas ciliares é a manutenção da estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água. A temperatura constitui um fator limitante à existência e ao desenvolvimento de muitas espécies, provoca um aumento na ação tóxica de muitos elementos e compostos químicos, sendo frequente a maior mortandade de peixes, durante o verão em águas poluídas (FRITZSONS et al., 2005).



Figura 1. APP sem Vegetação ciliar. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2018.

Existem várias experiências de sucesso em programas de recuperação. Entretanto, para fazer o monitoramento da recuperação é fundamental acompanhar as alterações que se processarão no ecossistema. Considerando o componente “Solo”, uma das formas de avaliar as suas perdas por processos erosivos em áreas degradadas ou recuperadas, para a verificação do estágio da

sua recuperação, é usar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade. Elas representam a memória de uma dada região.

Essa estimativa deve ser feita se analisando as diversas características do local, incluindo clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo. Servirá também de base para monitoramento e comparações futuras do local. A evidência de que processos erosivos persistem, evidenciam a existência de problemas hidrológicos no local (SOUZA, 2015).

2.3. Características do solo

Densidade: A Densidade do solo (Ds) corresponde a um atributo físico que representa os arranjos das partículas que vão definir as características da porosidade, onde é possível avaliar a compactação da área. A Ds depende da estrutura do solo, da umidade, compactação e do manejo do solo e será influenciada pelo teor de matéria orgânica que melhora a agregação das partículas e conseqüentemente a densidade e a porosidade. Constitui-se em importante indicativo da capacidade de armazenamento de água para as plantas, auxiliando na determinação de práticas de conservação de solo e água (FERNANDES FILHO; FRANCELINO, 2001). A densidade do solo se dá por meio da massa seca do solo pelo volume total onde inclui os poros, quanto maior for a densidade, maior será a porosidade.

2.4. Nascentes

A água é definida como um recurso natural de altíssimo valor econômico, estratégico e social, já que todos os setores de atividade humana necessitam dela para realizar suas atividades e funções.

Por conta do modelo assumido pela Revolução Verde e atualmente pelo agronegócio, um grande problema nas propriedades rurais é o fenômeno da erosão, que entre outros é o responsável pelo soterramento das nascentes (Figura 2).

Outros problemas como o pisoteio do gado, o desmatamento da mata ciliar, a diminuição da capacidade de infiltração da água no solo como construção de estradas, pastagens e lavouras, tem diminuído muito o fluxo de água e o número de nascentes (CALHEIROS, 2004).



Figura 2. APP com nascente em processo de recuperação no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: cercamento da área e recomposição vegetal na zona de contribuição dinâmica. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2014.

As nascentes são fundamentais para o abastecimento das bacias hidrográficas, assim como indispensáveis para as propriedades rurais, principalmente para a agricultura familiar, pois é a partir da água que os produtores podem elevar os seus ganhos por meio de atividades típicas da agricultura familiar (CALHEIROS 2004).

As principais formas de degradação de nascentes são (SOUZA, 2022):

- Pastoreio intensivo: a criação extensiva de animais em áreas de cabeceiras é uma das formas mais graves de agressão aos mananciais, pois não se alertam para os cuidados com as pequenas nascentes;
- Construção de estradas: um mau planejamento na construção de estradas próximas as áreas de encosta não passam por um planejamento adequado, principalmente, visando à proteção das nascentes.

Na verdade, o que leva uma nascente a secar não é o desmatamento, mas a diminuição da capacidade do solo em infiltrar a água da chuva através da superfície do solo (Figura 3).



Figura 3. Cercamento de APP para evitar o pisoteio no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: cercamento da área e recomposição vegetal na zona de contribuição dinâmica. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2014).

Técnicas vegetativas aplicadas à conservação de nascentes

- As nascentes perenes, aquelas que fluem uniformemente durante o ano, independentemente de seu entorno estar ou não coberto de vegetação, devem ser protegidas contra qualquer agente externo que venha romper o equilíbrio vigente, diminuindo a quantidade e a qualidade da água;
- As nascentes que apresentam vazões irregulares, tanto em escala diária, mensal ou anual, necessitam da interferência do homem com o objetivo de conservar e aumentar a produção de água;
- Escolha de espécies, espaçamentos e sistemas de manejo capazes de produzirem a menor perda possível por evapotranspiração, favorecendo, assim, o abastecimento do lençol freático responsável pela nascente;
- Melhoria do estado vegetativo das pastagens, por técnicas como rodízio, adubação e substituição de espécies forrageiras, adoção de sistemas silvipastoris, procurando sempre aumentar a infiltração de água no solo;
- Uso de técnicas de manejo dos cultivos agrícolas que protejam bem o solo, tais como: manutenção de vegetação de cobertura entre fileiras da plantação, capina em faixas, plantios diretos, plantios em faixas intercaladas, plantações sempre em nível, são ações que promovem o aumento da infiltração; e

- Uso de renques de vegetação permanente, em nível, servindo de barreiras à livre movimentação da água ao longo da superfície da encosta, facilitando a infiltração. A espécie usada não deve ser invasora.

3. Adubação Orgânica

Os adubos orgânicos são resíduos de origem animal (esterco e urina proveniente de estábulos, pocilgas e aviários) ou vegetal (palhas e outros), que podem ser usados na forma líquida ou sólida (Figura 4). Os adubos orgânicos contêm nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes, especialmente cobre e zinco (PAULUS; MULLER; BARCELOS, 2000).



Figura 4. Adubação orgânica utilizada para cultivo experimental de milho. Fonte: Crespo, 2021.

Existem vários benefícios econômicos, sociais e ambientais do uso de adubação orgânica, desde que sejam utilizados de forma correta, com critérios técnicos e de forma sustentável. Vale ressaltar: existe um apelo por parte da sociedade que defende o uso de material orgânico para a produção agrícola, em detrimento ao uso de fertilizantes químicos, dos quais o Brasil se tornou refém - depende da importação. Os resíduos de aves, suínos e bovinos gerados pela

agroindústria, podem deixar de ser um problema e se tornarem uma solução ecologicamente correta (GAYA, 2004; CUNHA, 2018).

Weinartner et al. (2006) relataram a seguinte caracterização dos tipos de esterco:

a) Esterco bovino e equino: são os mais ricos em fibras e ajudam a desenvolver organismos que são antagonistas de fungos causadores de doença de solo;

b) Esterco suíno: caracterizado pela boa quantidade de nitrogênio e de zinco,

c) Esterco de aves: muito rico em nitrogênio, aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos. Este material, quando tratado, apresenta-se bem farelado, escuro e frio, sem excesso de amônia.

O aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental vêm gerando aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos (MELO et al., 2004).

Poluição ambiental acarretada por dejetos de animais

A preocupação com a necessidade de conservação e, ou, preservação do ambiente e de bem-estar da população vem desafiando a comunidade científica, no que se refere aos processos de tratamento de resíduos poluidores (SOUZA et al., 2005). Nos anos recentes aconteceu uma intensificação dos sistemas de produção de proteína animal: por ser em larga escala, tem gerado grande quantidade de resíduos, causando aspectos, impactos e externalidades ambientais negativos (RIBEIRO et al., 2007) (Tabela 1).

Com o risco de esgotamento de recursos naturais e de degradação do meio ambiente, da dimensão dos custos econômicos e ambientais decorrente da intensificação dos sistemas agrícolas, pecuários e agroindustriais, torna forçosa a procura de soluções que valorizem os seus efluentes e coprodutos, visando tanto a redução da sua toxicidade como o desenvolvimento sustentável de novos processos e de novos produtos. De acordo com a EMBRAPA (2003), há um alerta forte e constante para o desenvolvimento de conhecimentos e soluções

de reciclagem de nutrientes, da disposição ambiental correta dos dejetos animais e na reutilização dos resíduos rurais.

Tabela 1. Produção diária de dejetos por animal

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (em kg dia⁻¹)
Bovinos	23,00
Suínos	2,50
Aves	0,18
Equinos	12,00

Fonte: Sganzerla (1983) adaptado por Colatto e Langer, 2012.

Isso porque os resíduos animais podem contaminar o solo, lagos, córregos e rios, por intermédio da infiltração dessa água residuária para o lençol freático; a proliferação de parasitas, como as moscas, e a produção de gases de péssimo odor, são alguns problemas de poluição ambiental provocado por esses dejetos (CAMPOS et al., 2002).

Dada essa realidade, o desenvolvimento da agropecuária, nos dias atuais, apresenta inúmeros desafios, tais como a adoção de sistemas de produção que visam diminuir a pressão sobre os recursos naturais. O objetivo deve ser se antecipar os processos naturais, como a decomposição de resíduos, a conservação da água e do solo e a manutenção do agroecossistema por longos períodos (ALTIERI et al., 2015; TEIXEIRA; PIRES, 2017).

Dessa forma, para esses mesmos autores, os modelos de produção agroecológicos se apresentam como uma excelente alternativa: representam paralelamente ao ambiente de produção, um sistema ecológico dinâmico e complexo, repleto de interações, as quais necessitam de equilíbrio para manutenção de sua capacidade energética e, conseqüentemente, produtiva.

Segundo Altieri (2004), sistemas agroecológicos têm como elementos básicos para produção a conservação e regeneração dos recursos naturais, sobretudo solo e água, o manejo dos recursos produtivos, com diversificação de culturas e reciclagem de nutrientes oriundos da biomassa vegetal e animal.

Portanto, a reutilização de resíduos na agropecuária apresenta benefícios inquestionáveis. Há de se levar em consideração a mitigação do problema ambiental que representa seu descarte inadequado (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Os métodos de reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica dos dejetos animais é o melhor destino que se pode dar a esses resíduos, evitando a poluição ambiental e preservando as características físicas, químicas e biológicas do solo (CAMPO, 1999; HOMEN et al., 2014)

Com isso, um manejo adequado dos resíduos é uma necessidade sanitária, ecológica e econômica: sanitária, porque os resíduos podem prejudicar a saúde dos animais e do homem; ecológica, porque os resíduos, ricos em MO e nutrientes, causam poluição e desequilíbrio no meio ambiente; e econômica, porque o tratamento dos resíduos envolve recursos de equipamentos, de material e de mão de obra, que oneram o sistema produtivo e podem até mesmo inviabilizá-lo (HARDOIM et al., 2003; HOMEN et al., 2014).

Um aspecto positivo dos sistemas pecuários é que os resíduos orgânicos são insumos de produção agrícola: quando estabilizados e reciclados adequadamente no solo, podem otimizar a produção vegetal e, conseqüentemente, a produção animal (Figuras 5, 6 e 7).



Figuras 5, 6 e 7. Experimento com uso de resíduos da bovinocultura no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2012).

Assim, apesar de serem chamados de resíduos com grande capacidade de poluição, na verdade são de fato recursos a serem reciclados no ecossistema natural (VAN HORN et al., 1994).

O aumento da matéria orgânica do solo é um importante indicador de sua fertilidade e qualidade biológica. A matéria orgânica desempenha importantes funções nos diferentes processos biogeoquímicos do sistema edáfico, favorecendo o crescimento e a diversificação da biomassa microbiana e a disponibilidade de nutrientes para as plantas: ocasionará a diminuição da compactação e densidade do solo e o aumento da penetração e crescimento do sistema radicular (DOETTERL et al., 2015).

Segundo Razzaghi, Obour e Arthur (2019), a redução da densidade do solo aumenta significativamente a capacidade de aeração, infiltração e retenção de água no solo, melhorando sua estrutura física e, por consequência, favorecendo o crescimento das plantas: o uso de resíduos orgânicos atua para reduzir a densidade total do solo.

Todos esses fatores atuarão de forma direta e indireta na qualidade do solo e no crescimento de plantas, sendo o uso de resíduos orgânicos nos agroecossistemas uma prática promissora, capaz de melhorar a eficiência das adubações e aumentar a produtividade das culturas ao longo dos anos.

4. Dejetos de bovinos

Nos dias atuais, uma *commodity* que tem gerado burocracias quando se trata de quesitos ambientais, particularmente no que se refere à exportação, é a produção de carne bovina.

Por outro lado, os dejetos bovinos apresentam grande quantidade de nutrientes em sua composição (Tabela 2), o que tem interessado a pesquisa, devido ao alto custo dos fertilizantes químicos, tornando limitante seu uso para os agricultores familiares, e também pela conscientização social por uma agricultura sustentável, onde a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribui não apenas para a redução dos custos, mas também para redução da poluição ambiental (SIMAS; NUSSIO, 2001; ALTIERI et al., 2015).

Tabela 2. Forma de excreção dos nutrientes ingeridos (% do total excretado).

Elemento	Urina	Fezes
Nitrogênio	76-82	18-24
Potássio	70-90	13-30
Fósforo	Traços	95+
Magnésio	30-10	70-90
Enxofre	6-90	10-94
Cálcio	Traços	99

Fonte: Wilkinson e Lowrey, 1973.

Pauletti (2004) descreve que a quantidade de dejetos produzidos por um bovino adulto pesando 453 kg, excreta 23,5 kg de esterco e 9,1 kg de urina, por dia. Relata inclusive a distribuição dos minerais consumidos por vacas em lactação: 10% dos minerais são absorvidos pelo animal e 90% são excretados na forma de urina e fezes, por exemplo, 25% do nitrogênio são absorvidos, 18% são eliminados nas fezes e 57% são eliminados pela urina (Figura 8).

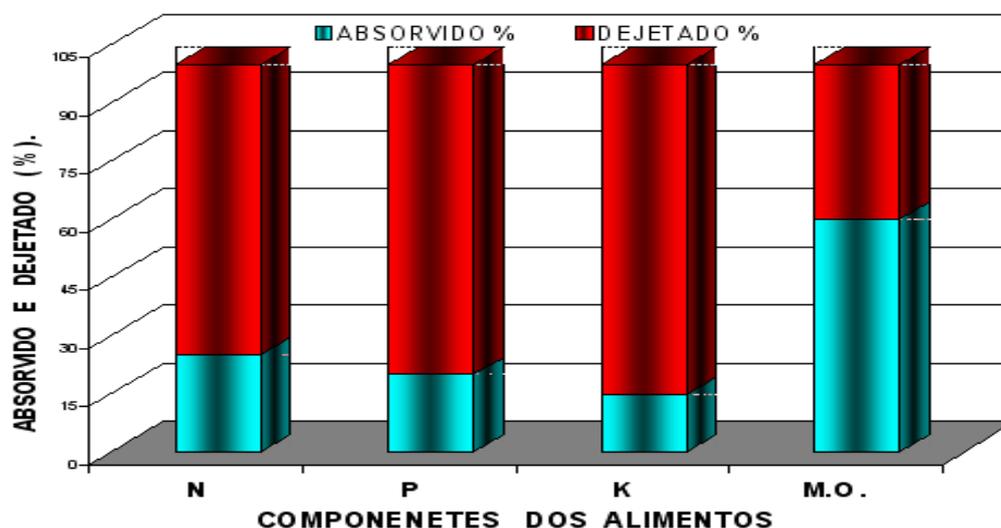


Figura 8. Aproveitamento dos alimentos pelos animais ruminantes - N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio) e MO (matéria orgânica). Fonte: Kiehl, 1985.

Os bovinos, individualmente, excretam aproximadamente 145 g de N, 42,7 g de P e 131,5 g de K em esterco fresco, diariamente. Utilizando este

esterco como fertilizante, pode-se ter resultado em aumentos na produtividade de culturas, tanto nas forrageiras (cobertura do solo), como naquelas cultivadas para fins comerciais (BARCELLOS, 1991).

Dessa forma, a utilização de dejetos de bovinos, disponíveis em grandes quantidades, propicia uma diminuição nos custos de produção, por substituírem os adubos químicos (SILVA, 2005; TEIXEIRA, PIRES, 2017).

A quantidade de nutrientes retornados ao solo via fezes e urina dos animais, varia amplamente em função da quantidade e qualidade da forragem consumida e da necessidade do animal. Uma quantidade substancial de nutrientes que está contida nas fezes dos animais pode ser potencialmente reciclada no solo, em uma forma mais prontamente disponível (SIQUEIRA JÚNIOR, 2005).

4.1. Produção de dejetos animais

As agressões ambientais são devidas à exploração predatória dos recursos naturais e a falta de medidas que controlem os resíduos sólidos, líquidos e gasosos (LEITE et al., 2004).

Para mudar essa realidade, as iniciativas de gestão devem visar uma abordagem de valorização de um recurso, com foco nos diferentes interesses que convergem na produção e gestão adequada e integrada dos fluxos gerados nos sistemas agropecuários, assegurando o desenvolvimento sustentável, em nível regional ou nacional (MOREIRA, 2020).

De acordo com essa mesma autora, em todos os passos relacionados com a gestão destes fluxos (produção, recolha, armazenamento, valorização e reutilização nas condições locais), o objetivo não deve ser apenas evitar a sua eliminação: também reduzir a exploração de recursos naturais, pela reciclagem, numa abordagem de resíduo Zero, de Economia Circular e de encerramento de Ciclos de Nutrientes, para que definitivamente, os efluentes sejam experimentados e incluídos em estratégias de desenvolvimento sustentável enquanto uma mais-valia inquestionável e inadiável; ou seja, um recurso a valorizar.

De acordo com Campos et al. (2003) é crescente a demanda por produtos de origem animal. Em decorrência, vem sendo intensificada a exploração de animais em pequenas áreas: conseqüentemente, produz uma grande

quantidade de dejetos em pequenas áreas (Tabela 3), gerando problemas para seu tratamento e disposição.

Tabela 3. Quantidade de esterco e de nutrientes produzida por animal/ano.

Componentes (Kg cabeça⁻¹ ano⁻¹)	Bovinos	Suínos
Água	13.145	1.324
Matéria seca	2.039	176
Total	15.184	1.500
Nitrogênio	78,9	7,5
Super Fosfato Simples (P ₂ O ₅)	20,6	5,3
Cloreto de Potássio (K ₂ O)	93,6	5,7
CaO + MgO	35,9	3,0

Fonte: Adaptado de Kiehl, 1985.

Pensando no aumento da produtividade de leite e de carne em nível de propriedade rural, uma das opções que mais têm se destacado, refere-se à intensificação da produção a pasto, aumentando o uso racional de tecnologias relacionadas ao manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal (ALENCAR et al., 2009). Segundo Kelly (1950) e Bolzani et al. (2012), somente uma pequena parte da energia da alimentação ingerida pelos animais é transformada em leite, carne, gordura ou ovos. O restante é descartado para o ambiente na forma de fezes, urina e calor.

A quantidade de dejetos produzidos por dia, seus teores de umidade, de matéria seca e a composição química, variam de acordo com o peso do animal, idade, tipo de alimentação, digestibilidade do alimento, quantidade de água ingerida, estação do ano e outros fatores. O conteúdo real de sólidos depende ainda do tipo de cama utilizada, resto de alimentos, água de limpeza e evaporação (MORSE et al., 1994).

4.2. Manejo dos dejetos

Os efluentes pecuários são coprodutos resultantes das atividades pecuárias. Em casos de manuseamento inadequado, representam riscos para a

saúde pública e animal, devendo seguir procedimentos de controlo nos núcleos de produção de forma a permitir a correta destinação final para esses efluentes (MOREIRA, 2020).

Dada a crescente produção de dejetos provenientes de sistemas confinados que visam o mercado interno e as exportações de carnes, as barreiras não tarifárias podem representar um agente limitante. Dessa forma, as exigências ambientais para a sua correta disposição devem ser respeitadas e aperfeiçoadas com prioridade.

Assim, faz-se necessário estudar medidas viáveis de utilização deste tipo de resíduo na agropecuária. Por tais questões, várias pesquisas vêm sendo realizadas para esse fim; muitos trabalhos são partidários à utilização da água residuária da bovinocultura em pastagens, capineiras, culturas anuais e na recuperação de áreas degradadas; contudo, com o devido acompanhamento técnico especializado (CARLESSO; RIBEIRO; HOEHNE, 2012; SOUZA, 2022).

Cabe ressaltar que muitos trabalhos são desenvolvidos em ambientes controlados, o que dificulta a extrapolação dos resultados para as condições de campo. A crescente preocupação com a poluição das águas e do solo pelo uso intensivo de dejetos de origem animal na agropecuária tem estimulado a busca por alternativas tecnológicas que possibilitem a utilização mais eficaz desses insumos em diferentes sistemas de cultivo e preparo do solo, sem comprometer a qualidade ambiental (QUEIROZ et al., 2004; ROSA et al., 2017).

O sistema de gestão dos dejetos é um conjunto de operações inter-relacionado a partir da sua produção, onde serão recolhidos e transportados para o armazenamento e, ou, tratamento, que possui importante papel, uma vez que após o processo de tratamento, estes dejetos passam a ter condições ambientais para ser utilizado e, ou, reutilizado em áreas agropecuárias (Figura 9) (BICUDO, 1999).

O processo de compostagem, por exemplo, gera como produto final o composto: higienizado e rico em compostos húmicos, decorrente do processo de compostagem, que pode ser armazenado e manuseado sem qualquer problema e que tem um efeito benéfico para as plantas. A sua aplicação em solos é uma estratégia já reconhecida que proporciona a melhoria da sua fertilidade com o aumento da disponibilidade de nutrientes. Os compostos estáveis são muito

resistentes à decomposição e, portanto, contribuem significativamente para o armazenamento de carbono no solo (GRIGATTI et al., 2020) (Figura 10).

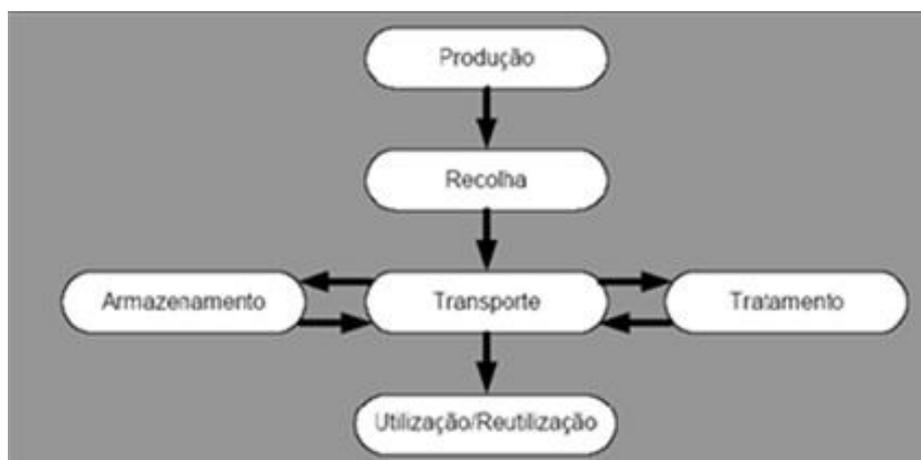


Figura 9. Operações-chave envolvidas na gestão de efluentes pecuários. Fonte: Bicudo, 1999.

De acordo com esses mesmos autores, como medida de segurança, os resíduos não devem ser acumulados na exploração em quantidades elevadas e por longos períodos de tempo. Conforme as Boas Práticas de Gestão de Resíduos Agrícolas, o agricultor deve proceder à eliminação dos resíduos sem colocar em perigo a saúde humana e sem utilização de processos ou métodos suscetíveis que possam ser prejudiciais ao ambiente. Devem ser mantidos em local adequado, com solo impermeabilizado e afastado de fontes de ignição.



Figura 10. Pátio de compostagem. Fonte: EMBRAPA, 2021.

4.3. Métodos de tratamento de dejetos

De acordo com Schmitt et al. (2005) e Moreira (2020), para que o líquido possa ser devolvido à natureza ou reaproveitado para fins menos nobres a partir do reuso, a gestão adequada pode passar até por quatro etapas: tratamento preliminar, o tratamento primário, o tratamento secundário e o terciário avançado. De acordo com a OPERSAN Soluções Ambientais (2022):

➤ Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar é pautado em remover os sólidos grosseiros, flutuantes e matéria mineral sedimentável. Seguem os processos de:

- **Gradeamento:** são retirados os sólidos em suspensão que ficam nos efluentes, tais como detritos e outros objetos, por meio de grades colocadas em locais estratégicos para reter o material que deve ser removido.

- **Peneiramento:** em sequência, são utilizadas peneiras para remoção dos sólidos muito finos ou fibrosos que não foram retidos na fase anterior. Dependendo da natureza do resíduo, essa etapa pode substituir o sistema de gradeamento. Ou seja, em casos onde o efluente possui sólidos pequenos, o gradeamento não se faz necessário.

- **Desarenadores:** etapa onde ocorre a remoção de misturas formadas por sólidos em líquidos. Trata-se de uma técnica física de separação por sedimentação do material, tais como areia, pedrisco ou cascalho, os quais vão para o fundo do recipiente por conta da diferença de densidade e da ação da gravidade; enquanto a parte líquida permanece na parte superior, os sólidos são acumulados na parte inferior, facilitando sua remoção.

- **Separação de óleo:** efluentes e águas contaminadas com óleos e graxas de áreas de manutenção, lavagem de veículos ou máquinas em oficinas mecânicas, devem passar por esse processo de separação onde são utilizados dispositivos com a função de empregar métodos físicos e atuar também por densidade, mas nesse caso fazendo com que o óleo flutue sobre a água.

O objetivo principal de todas essas etapas da primeira fase é separar o líquido dos materiais que ficam flutuando, uma vez que estes, majoritariamente, acabam não sendo passíveis de tratamento biológico devido à sua natureza inerte ou de baixa degradabilidade.

➤ Tratamento Primário

No tratamento primário se removem outros sólidos inorgânicos e a matéria orgânica em suspensão. Nesse caso, a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) também é removida parcialmente e os sólidos suspensos são quase completamente eliminados. Esse nível de tratamento pode envolver os seguintes processos:

- **Decantação primária ou simples:** por meio de decantadores implantados em tanques, os sólidos em suspensão de maior densidade contidos nos efluentes, sedimentam-se e depositam-se ao fundo, constituindo o lodo primário que posteriormente é removido para outro tipo de tratamento.

- **Flotação:** essa é mais uma fase de separação de líquidos dos sólidos ainda restantes. No entanto, a flotação acontece por meio de nuvens de microbolhas de ar que tem o objetivo de arrastar as impurezas para a superfície, facilitando a remoção.

- **Neutralização:** ocorre a regularização do pH dos resíduos ácidos e resíduos básicos (ou alcalinos), quando houver necessidade. Se o resíduo apresentar pH entre 6 e 9 será caracterizado como neutro, não sendo necessário modificações; porém, se o percentual for menor que 5 ou maior que 10, aplica-se essa fase de neutralização.

- **Precipitação química:** não é necessária a todos os tipos de resíduos, por exemplo, dejetos da bovinocultura. A precipitação costuma ser aplicada no tratamento de águas residuais que contenham altas concentrações de metais ou sulfatos. Quando aplicado, o processo ocorre a partir de um determinado produto químico reagindo com íons de metal pesado, formando um sólido denominado “precipitado”, que também é removido posteriormente.

➤ Tratamento secundário

O Tratamento Secundário consiste na intensificação do processo natural de biodegradação e na retirada desses materiais biodegradáveis. As principais fases:

- **Processos de lodos ativados:** é um processo biológico que consiste na formação do lodo. Por intermédio de um tanque de aeração que tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos e evitar a deposição dos flocos bacterianos, também se mistura homogeneamente o lodo e o efluente.

- **Lagoas de estabilização:** essa fase objetiva estabilizar a matéria orgânica pela oxidação bacteriológica e, ou, redução fotossintética das algas, proporcionando uma alta eficiência de remoção de DBO e coliformes.

- **Lagoas aeradas:** são bem similares às lagoas de estabilização, tendo como principal diferença o fato de que o oxigênio, ao invés de ser produzido por fotossíntese ou oxidação, é fornecido por aeradores mecânicos.

- **Filtros biológicos:** os filtros são utilizados para remover a matéria orgânica do líquido onde o processo ocorre por meio do crescimento microbiano na superfície do local, sobre o qual o esgoto é derramado e percola à matéria até a parte inferior do filtro.

Os reatores anaeróbios e a precipitação química por meio da elevação do pH de metais tais como cobre, níquel e zinco, também podem ser considerados como processos secundários.

Nessa fase ocorre a remoção de sólidos dissolvidos, a exemplo da matéria orgânica e sólido suspensos muito fino. Os processos biológicos de remoção utilizados classificam-se em: Aeróbio, utilizando microrganismos que necessitam de oxigênio dissolvido no meio, fornecido por aeradores mecânicos ou pela circulação de líquido em meio filtrante; e o anaeróbio, utilizando microrganismos que não necessitam de oxigênio livre no meio, empregado em dejetos com alta carga orgânica.

Lagoas anaeróbias, biodigestores e fossa séptica (Figura 11) são os exemplos mais conhecidos. As esterqueiras e bioesterqueiras objetivam o armazenamento temporário dos dejetos para uso posterior como fertilizante. Embora seja um processo anaeróbio para a estabilização do material, não são consideradas como unidades de tratamento.

A produção de biofertilizantes é decorrente do processo de fermentação, ou seja, da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes, o que pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco (TIMM et al., 2004).

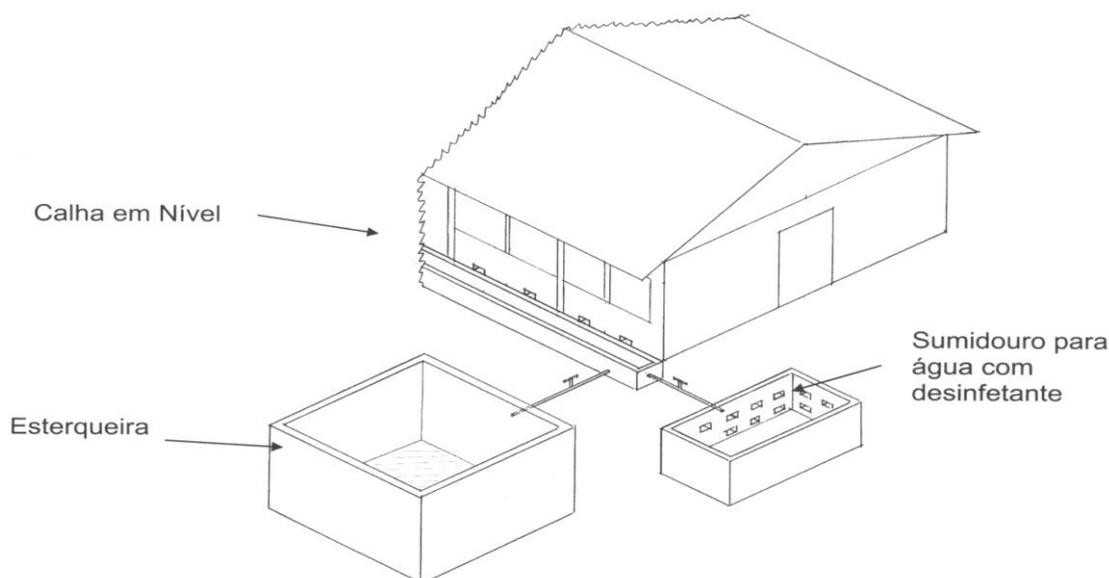


Figura 11. Fossa séptica. Fonte: Moreira, 2020.

➤ Tratamento Terciário

O Tratamento Terciário avançado é utilizado para obter um efluente de alta qualidade com a remoção de outras substâncias contidas nas águas residuárias. Ou seja, nesta etapa se remove do material em solução tudo que não foi tratado nos tratamentos anteriores, tais como metais pesados e compostos orgânicos. Podem fazer parte do tratamento terciário:

- **Osmose reversa:** essa é uma alternativa que tem como finalidade remover as demais impurezas da água por meio da retenção de moléculas. A presença de membranas semipermeáveis garante que as partículas menores que foram perdidas em estágios anteriores sejam retidas, especialmente os sólidos totais dissolvidos (TDS). A osmose reversa faz com que a água passe por uma pressão maior, de modo com que a membrana retenha o soluto e permita a passagem da água pura.

- **Filtros de areia:** assim como na osmose reversa, os filtros de areia também tem o objetivo de reter os sólidos. No entanto, eles tem potencial para filtrar apenas sólidos em suspensão de 5 até 25 micra (unidade de medida microscópica).

- **Remoção de nutrientes:** caso o efluente tratado ainda apresente alto teor de nutrientes em sua composição, é necessário fazer a remoção dos mesmos para descarte. Isso porque esses nutrientes tendem a consumir mais

oxigênio do corpo hídrico e podem tornar o ambiente impróprio para sobrevivência de peixes. Esses nutrientes podem ser removidos por meio de algumas técnicas, sendo uma das principais a adsorção, onde ocorre a transferência da água em fase líquida para um adsorvente sólido, como materiais com alto teor de carbono (plantas, animais, resíduos de frutas, casca de arroz, algas e outros) que absorvem esses nutrientes.

Essas etapas do tratamento de efluentes são fundamentais para que poluentes específicos sejam removidos de maneira adequada, deixando assim os resíduos de acordo com os parâmetros exigidos pelos órgãos ambientais antes de serem devolvidos ao meio ambiente ou reaproveitados para outros fins.

Vale lembrar que, a depender do efluente, nem todas as etapas serão necessárias até atingir o parâmetro adequado para descarte ou reutilização: caso da maioria dos dejetos animais. Por isso, é de suma importância realizar uma análise especializada para tal definição.

4.4. Irrigação e fertirrigação

A irrigação tem sido uma das técnicas mais utilizadas na agricultura visando acréscimos na produção. Um bom sistema de irrigação deve aplicar determinado volume de água no solo, uniformemente, onde não ocorre o suprimento de forma natural, até determinada profundidade, propiciando umidade necessária ao desenvolvimento normal das plantas (DRUMOND, 2003; BERNARDO et al., 2019).

A fertilização combinada com a água, conhecida como fertirrigação, atende às necessidades de nutrição das plantas, podendo ser perfeitamente adaptável aos diferentes sistemas de irrigação (GOLBERG; SCHMUELI, 1970; BERNARDO et al., 2019).

A utilização de águas residuais tratadas ou parcialmente tratadas na fertirrigação de culturas, eliminando o seu despejo em cursos de água, é uma alternativa favorável e com rápida expansão (BALKS et al., 1998; BERNARDO et al., 2019).

Em países onde a agricultura irrigada é mais desenvolvida, a aplicação de fertilizantes, herbicidas e inseticidas via água de irrigação já é uma prática rotineira. Mesmo que ainda existam muitos aspectos a esclarecer e a serem pesquisados, pode-se admitir que a fertirrigação se tornasse uma técnica da qual

os agricultores podem tirar proveito em função das vantagens, como a economia de mão de obra, possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo da cultura, fácil parcelamento e controle, maior eficiência na utilização de nutrientes, e facilidade de aplicação de micronutrientes (COSTA et al., 1986; BERNARDO et al., 2019).

A fertirrigação com águas residuárias pode ser feita por sulco, aspersão (Figura 12), gotejamento ou com chorumeiras, sendo a seleção do método de irrigação em função da cultura, susceptibilidade a doenças e capacidade de infiltração de água no solo (MOCANO, 2005).

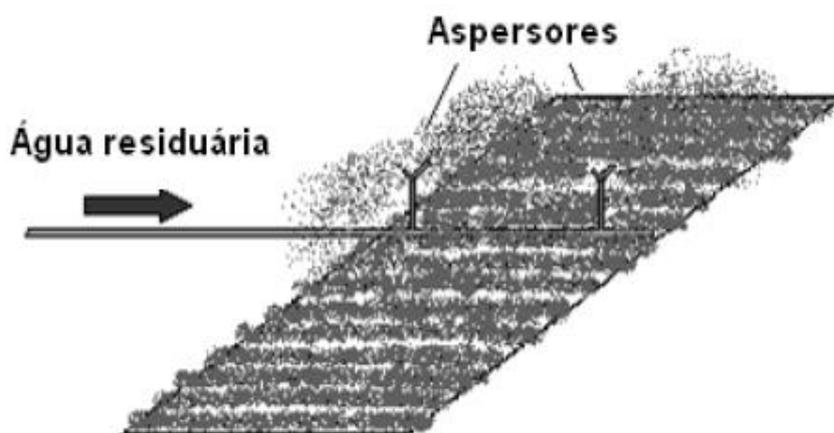


Figura 12. Esquema ilustrativo da disposição de uma fertirrigação por aspersão.
Fonte: Matos, 2005.

A fertirrigação possui a vantagem de ser um método combinado de tratamento e disposição final, além de proporcionar fertilização e condicionamento do solo. Como desvantagens: elevadíssimos requisitos de área; ser dependente do clima e dos requisitos de nutrientes dos vegetais; possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão de águas contaminadas com agentes patogênicos); e possibilidade de ocorrência de alterações químicas e físicas no solo quando aplicadas em doses e formas inadequadas (MATOS, 2005).

4.5. Estudo de Caso: Atílio Vivácqua, ES

No município de Atílio Vivácqua, ES, a prefeitura municipal desenvolve um programa de aproveitamento de resíduos de dejetos bovinos para irrigação

de capineiras e na recuperação de áreas degradadas. Cabe considerar que anteriormente esses resíduos eram lançados diretamente nos corpos hídricos, causando sérios problemas de poluição, assoreamento e degradação ambiental (Figura 13).



Figura 13. Resíduos em lagoas de estabilização e aerada (com aerador mecânico), para irrigação de capineira. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

Na Figura 14, observa-se o produtor rural utilizando o esterco bovino, após 60 dias de tratamento secundário em lagoas anaeróbias e facultativas.



Figura 14. Resíduos utilizados em capineira. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

4.5.1. Benefícios sociais

Tratando-se de meio ambiente, cuja qualidade é essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida, é fundamental que a disposição de resíduos seja realizada de forma sustentável: é sabido que existe uma relação direta entre qualidade ambiental, manutenção dos serviços ecossistêmicos e benefícios socioeconômicos.

Nos dias atuais, a relação ser humano *versus* meio ambiente, deve ser considerado uma questão preocupante e central. A proteção e ordenação da base dos recursos naturais e o desenvolvimento socioeconômico são requisitos indispensáveis para se atingir a sustentabilidade.

Dessa forma, os métodos de reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica dos dejetos animais é um excelente destino que se pode dar aos resíduos, evitando a poluição ambiental e preservando as características físicas, químicas e biológicas do solo: essa é a visão da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Atílio Vivácqua, ES.

4.5.2. Objetivos da recuperação de áreas degradadas (RAD)

O Município de Atílio Vivácqua, ES, enfrenta sérios impactos e externalidades negativos, que aceleram os processos de degradação ambiental. Várias nascentes e cursos d'água deixaram de ser perenes. Desta forma, o programa de recuperação ambiental municipal objetiva, principalmente:

- Recuperação e conservação da flora regional em áreas de APP das nascentes, matas ciliares e topos de morros;
- Controle da erosão e assoreamento;
- Proteção dos recursos hídricos;
- Regularização hidrológica via uso de barraginhas e cochinchos;
- Isolamento da nascente contra pisoteio de animais; e
- Recuperação da fertilidade do solo.

Anteriormente aos procedimentos de recuperação, devem-se avaliar os cenários pré e pós-degradação ambiental.

4.5.3. Avaliação dos cenários pré e pós-degradação ambiental

Nos locais onde se pretende executar um projeto de RAD, como no município de Atílio Vivácqua, é realizada uma pesquisa exploratória e, principalmente, observatória, com utilização de recursos, tais como: registros fotográficos (acervo da propriedade), visitas à propriedade, conversas com o produtor rural, além da leitura de artigos, publicações acadêmicas e científicas como suporte teórico.

Na avaliação pré e pós-degradação é possível identificar e realizar as práticas a serem postas em prática para a recuperação de uma área degradada, planejando e esquematizando um novo cenário, que integrará o manejo conservacionista do solo, dos recursos hídricos e do agroecossistema envolvido.

5. Considerações finais

A agropecuária brasileira representa uma importante atividade no Brasil. Possui um grande número de propriedades rurais brasileiras que compõe um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento econômico nacional pela grande geração de empregos e renda.

Contudo, tratando-se das questões ambientais, essa atividade gera grandes quantidades de resíduos, sendo enquadrada na legislação ambiental como uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental. Assim, o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos e impactos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais devido ao manejo inadequado dos dejetos: uma forma de diminuir os seus efeitos negativos é a sua passagem por tratamento e aproveitamento na propriedade.

Por essas questões, o uso de dejetos animais como fertilizante vem se intensificando, substituindo os agroquímicos, pelo fato do adubo orgânico trazer inúmeros benefícios ao solo, influenciando direta ou indiretamente nas suas propriedades física, químicas e biológicas. Adicionalmente, por apresentarem elevada porosidade e área superficial, trazem benefícios agrônômicos em longo prazo, principalmente por aumentar o aporte de N, a retenção de água e outros nutrientes no solo, melhora a estrutura física do solo e favorece o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

A matéria orgânica altera a porosidade, a estabilidade de agregados e a capacidade de retenção e infiltração de água no solo, eleva pH, CTC e a

saturação por bases, além de influenciar positivamente a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento da microbiota edáfica. Ou seja, o uso de composto, lodos e águas residuárias da produção animal, entre outros, para fins diversos, como a irrigação ou a fertirrigação de capineiras e forrageiras, apresenta-se como alternativa promissora de gestão dos resíduos gerados, redução de custos e geração de renda no meio rural.

6. Referências bibliográficas

AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D. **Pastagens irrigadas**. In: Curso de Especialização em Manejo da Pastagem, 2002, Uberaba: FAZU, 86 p.

ALENCAR, C. A.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.98-108, 2009.

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.

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; QUEIROZ, M. F. de. Descolamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008.

ARAÚJO, A. S.; SANTOS, A. C.; NETO, S. P. S. Produtividade do capim-marandu e alterações químicas do solo submetido a doses de dejetos líquidos de bovinos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 3, p. 235-246, 2011.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. Gestão ambiental de áreas degradadas. 6ª ed. Rio de Janeiro – RJ: Editora Bertrand Brasil, 2005. DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3ª ed. São Paulo – SP: Signus Editora, 2007.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B. Fixação biológica de nitrogênio por plantas de trevo (*Trifolium* spp.) em sistema de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

BALKS, M. R.; BOND, W. J.; SMITH, C. J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, p. 821-830, 1998.

BARCELOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. Santa Maria, 1991. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria.

BARNABÉ, M. C. **Produção e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos de suínos**. 2001. 23 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, 2007.

BASSO, S. M. S.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: Pastagem Natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, 2008.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre, editora da Universidade/UFRGS, 2001, p. 849-875.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG, Brasil: Editora UFV, 2019.

BETTIOL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 22 p.

BICUDO, J. R. P. W. **A exploração leiteira compatível com o ambiente**. Holstein, New York, n. 15, p. 56-62, 1999.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. O.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 385-392, 2012.

CALHEIROS, R, de Oliveira et al. **Preservação e recuperação de nascentes**. Piracicaba, SP, 2004. Disponível em: <http://www.sema.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=140>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CAMPO, A. T. **Manejo de dejetos e de alimentação da pecuária leiteira como estratégia para a redução das emissões de metano**. In: Minas Gerais, 1. Juiz de Fora. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, p. 286-298, 1999.

CAMPOS, A. T., FERREIRA, W. A., JÚNIOR, J. L., ULBANERE, R. C., CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426-438, 2002.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, D. S.; CAMPOS, A. T.; PIRES, M. F. **Tratamento de águas residuárias em sistema intensivo de produção de leite**. In: Circular Técnica, 75. Embrapa Gado de Leite, p. 1-5, 2003.

CARLESSO, W. M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2012.

CASTAMANN, A. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos na superfície e no sulco em solo cultivado com trigo**. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina, Passo Fundo, 2005.

COSTA, E. F. da; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

CRESPO, A. M. **Plantio direto de milho-verde orgânico sobre diferentes plantas de cobertura de verão**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo, campus de Alegre). 2021. 61 p.

CUNHA, E. G. **Influência de biocarvão e água residuária da suinocultura nos atributos do solo, no desenvolvimento inicial e na nutrição mineral do milho**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, Campus de Alegre, ES, 2018.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, M. G. F. do; FERNANDES, M. C. A.; ABOUD, A. C. S. Ação bacteriostática do biofertilizante *Agrobio in vitro*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 281, 2005.

DIAS, L. E. Recuperação de áreas degradadas. In: Encontro de preservação de mananciais da Zona da Mata Mineira, 3., 2003, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2003. p.225-268.

DOETTERL, S.; STEVENS, A.; SIX, J.; MERCKX, R.; VAN OOST, K.; PINTO, M. C.; CASANOVA-KATNY, A.; MUNOZ, C.; BOUDIN, M.; VENEGAS, E. Z.; BOECKX, P. Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate. **Nature Geoscience**, 2015.

DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison, SSSA, 1996. 411p. (SSSA Special Publication, 49).

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton 85**. 2003, 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. P. A.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, L. T. Produção de matéria seca em pastagem de tifton-85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 426-433, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002-2012**. Embrapa/Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 92 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pecuária de baixa emissão de carbono:** Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo – Brasília. 2018.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; CHAVES NETO, A.; RIZZI, N. E. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana. Curitiba, PR. **FLORESTA**, v. 35, n. 3, 2005.

GAYA, J.P. **Indicadores biológicos no solo como uma alternativa para o uso racional de dejetos de suínos como adubo orgânico.** 2004.140 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. 2004.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation – a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the Asae**, Michigan, v. 13, n. 1, p. 38-41, 1970.

GOVAERTS, B.; MEZZALAMA, M.; UNNO, Y.; SAYRE, K. D.; GUIDO, M. L.; VANHERCK, K.; DENDOOVEN, L.; DECKERS, J. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 37, p. 18-30, 2007.

GRIFFITH, J. J. Recuperar áreas degradadas é zelar pelas futuras gerações. **Informe agropecuário**, v. 22, n. 210, p. 1-2, 2001.

GRIGATTI, M.; BARBANTI, L.; HASSAN, M. U.; CIAVATTA, C. Fertilizing potential and CO₂ emissions following the utilization of fresh and composted food-waste anaerobic digestates. **Science of the Total Environment**, n. 698, p. 13, 2020.

HARDOIM, P. C.; DICESAR, A.; GONÇALVES, M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. An. 3. **Enc. Energ. Meio Rural**, 2003.

HOMEN, B. G. C.; NETO, O. B. A.; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, v. 42, n. 3, p. 299-309, 2014.

KELLY, C. F.; BOND, T. E.; ITTNER, N.R. Thermal design of livestock shades. **Agric. Eng.**, v. 31, n. 12, p. 601-606, 1950.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KONZEN, E. A. Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 12, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. 4 p.

KONZEN, E.A. **Fertirrigação de lavouras e pastagens com dejetos de suínos e cama de aves**. Palestra apresentada no V Seminário Técnico da cultura do Milho, Videira-SC, 2003. Disponível em:<<http://www.canpms.embrapa.br>>.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. F. C.; PEREIRA, F. A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997.

KUNZ, A. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v. 15, n. 3, p. 28-35, 2009.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S.; OLIVEIRA, S. A. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 111-115, 2004.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Flávio Meira Borém. (Org). **Pós-colheita do Café**. 1 ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2008, p. 159-201.

MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. **Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto na agricultura**. Grupo de trabalho regulamentação do uso do lodo de esgoto. Brasília, DF, 2004.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, n. 73, ano XII, p. 30-35, 2003.

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. L. T.; ALVA-RENGA, R. C.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Palestra apresentada no Agrishow, Ribeirão Preto, SP, 2002. Disponível em:<<http://www.planetaorganico.com.br>>.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica dos solos**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 1-9.

MONACO, P. A. LO. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. Viçosa – MG: UFV, 2005, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, O. C. Roteiro para a Gestão dos Fluxos Gerados na Atividade Agropecuária. Projeto GoEfluentes - **Efluentes de pecuária**: abordagem estratégica à valorização agronômica/energética dos fluxos gerados na atividade

agropecuária (PDR2020-1.0.1-FEADER031831). Financiado pelo Programa de Desenvolvimento Rural 2020, Medida 1. Promoção para a Inovação, Ação 1.1. Inovação por Grupos Operacionais. 212 p. Disponível em: <https://projects.inia.pt/goefluentes>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MORSE, D. et al. Production and characteristics of manure from lactating dairy cows in Florida. *Trans. ASAE, Am. Soc. Agric. Eng.*, v. 37, n. 1, p. 275-9, 1994.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (ed.) **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley and Sons, 1994. cap. 5, p. 81-116.

NASTARI, P. M. A crise na Ucrânia e a dependência da importação de fertilizantes. **Agroanalysis**, p. 16-17, 2022.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPACANPSA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestor e estimativa da produção de biogás em sistema de produção**. Concórdia: Embrapa, 2006. Comunicado Técnico.

OPERSAN Soluções Ambientais. **Principais etapas do tratamento de efluentes**. Disponível em: <https://info.opersan.com.br/etapas-tratamento-de-efluentes>. Acesso em: 22 abr. 2023.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. 1 ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.1, p.11-154.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Castro, PR, 2004. 86 p.

PAULUS, G.; MULLER, A. M.; BARCELLOS, L. A. R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86.

PENZ JÚNIOR, A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpsa, 2000. p. 53-69.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **“MB-4”**: agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes. Canoas: Salles editora. 273 p. 2005.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 2008.

QUEIROZ, F. M.; MATTOS, A. F.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, 2004.

RAZZAGHI, F.; OBOUR, P. B.; ARTHUR, E. Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. **GEODERMA**, 2019.

RIBEIRO, G. M.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; HENRIQUE, W.; SUGOHARA, A.; AMORIM, A. C. Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 82-91, 2007.

ROSA, D. M.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, P. A. M.; REIS, R. R.; SBIZZARO, M. Fertilização do milho via água residuária de suinocultura e qualidade ambiental do sistema solo-água. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 4, 2017.

SABOURIN, E.; SILVEIRA, L. M.; TONNEAU, J. P.; SIDERSKY, P. **Fertilidade e agricultura familiar no agreste paraibano: um estudo sobre o manejo da biomassa**. Esperança: CIRAD-TERA/ASPTA, 2000. 59p.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; ROSSO, A. de. Utilização dos dejetos suínos como fertilizante. In: EPAGRI. **Aspectos práticos do manejo de dejetos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPQA, 1995. 106p.

SCHMITT, A.; KUBASKI, F. C. Jr.; SELA, L. JÚNIOR; FANTINEL, L.; FONTTELA, L. R. **Esterqueiras e Biodigestores**, 2005.

SGANZERLA, E. **Biodigestor, uma solução**. Porto Alegre, RS, 1983.

SILVA, J. C. P. M. **Esterco líquido de gado de leite e adubação mineral influenciando a produção de silagem e propriedades químicas do solo na região dos campos gerais do Paraná**. Curitiba, 2005. 49p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal do Paraná.

SIMAS, J. M.; NUSSIO, C. M. B. Reciclagem de nutrientes do esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v. 38, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP, 2001.

SIQUEIRA JUNIOR, L. A. **Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira**. Curitiba, 2005. 107 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

SOARES, C. M. da C.; REIS, R. S.; CARDOSO FILHO, J. A.; SANTOS, T. M. C. dos. Efeito do uso de água residuária na irrigação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* L.). **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, SP, v. 25, 2000.

SOUZA, C. F.; SANTOS, C. R.; CAMPOS, J. A.; MOGAMI, C. A.; BRESSAN, W. S. Potencial de dejetos de suínos como substrato na biodigestão anaeróbia sob efeito de diferentes temperaturas e tempos de retenção hidráulica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 300, p. 255-265, 2005.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SIA OmniScriptum Publishing: Brivibas gatve 197, LV1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364p.

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. Métodos para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 37-115. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c2>.

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. Projeção de cenários ou modelos de simulação: uma metodologia de AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021b. p. 116-166. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c3>.

TEIXEIRA, C. T. M.; PIRES, M. L. L. S. Análise da relação entre produção agroecológica, resiliência e reprodução social da agricultura familiar no Sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.55, n.1, p.47-64, 2017.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, London, v. 371, p. 783-785, 1994.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: Pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 29, 2004.

VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT, R. A. Components of dairy manure management systems. **Journal Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2008-2030, 1994.

VAN KESSEL, J. S.; REEVES, J. B. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin Heidelberg, v. 36, p. 118-123, 2002.

WEINARTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. **Adubação orgânica**. Cartilha – Práticas Agroecológicas, Pelotas, RS, v.1, 2006.

WILKINSON, S. R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. ed. chemistry and biochemistry of herbage. London, **Academic Press**, v. 2, p. 247-315, 1973.

XIA, H.; RIAZ, M.; ZHANG, M.; LIU, B.; EL-DESOUKI, Z.; JIANG, C. Biochar increases nitrogen use efficiency of maize by relieving aluminum toxicity and improving soil quality in acidic soil. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 196, 2020.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. EMBRAPA, 2021.

ZULIANI, D. Q. **Balanço geoquímico em plantações de eucalipto e caracterização de águas superficiais próximas a depósito de lixo**: Estudos de casos. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003. 96 p.

CAPÍTULO 8

Métodos agroecológicos alternativos para o controle de formigas cortadeiras

Adilar Viana, Afranio Aguiar de Oliveira, Amanda Evaristo Lacerda, Eliseo Salvatierra Gimenes, Ítalo Fonseca Werner, Kaick Milanez Borges, Francielle Santana de Oliveira, Willian Moreira da Costa, Mauricio Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c8>

Resumo

Existem cerca de 900 mil espécies de insetos conhecidas; dentre essas, apenas 2% são ditas eussociais, pois vivem em sociedade verdadeiramente avançada: as formigas cortadeiras estão inseridas neste grupo. Têm causado diversos danos em culturas e em muitos casos as tornando inviáveis. As formigas do gênero *Atta* spp., as saúvas, e as do gênero *Acromyrmex* spp., as quenquéns, são as principais causadoras de danos econômicos nas diversas culturas de interesse econômico. Para o controle das formigas cortadeiras, tem-se usado inseticida sintético (tóxico): seus resíduos têm causado problemas de saúde aos seres vivos e processos e impactos ao meio ambiente. O presente trabalho tem com objetivo identificar alternativas para o controle das formigas cortadeiras, reduzindo os impactos ambientais negativos e as suas externalidades. Para a sua realização, utilizou-se a revisão bibliográfica como metodologia. Vários métodos foram identificados com resultados comprovados e outros com boas perspectivas de controle efetivo, com importantes características: praticamente não tóxicos, baixa a nenhuma agressividade ao homem e à natureza, eficientes no combate e repelente às formigas cortadeiras.

Palavras-chave: Formigas-cortadeiras. Métodos alternativos. Agroecologia.

1. Introdução

Os cupins e himenópteros (formigas, abelhas e vespas) são considerados insetos eussociais⁸ porque apresentam três características fundamentais: 1) vivem em colônias nas quais ocorre sobreposição de gerações; 2) os indivíduos mais velhos cuidam dos mais jovens (cuidados com a prole); 3) ocorre a divisão do trabalho reprodutivo, havendo uma casta responsável apenas pela reprodução e uma casta assimilativa responsável pelas demais funções da colônia (IHU, 2006; PRESTES; CUNHA, 2012).

De acordo com esses mesmos autores, esta terceira característica é a que define especialmente a eussocialidade (sociabilidade verdadeira ou completa). Os demais insetos não apresentam estas características, podendo viver em grupos anônimos, onde não há reconhecimento individual. Em geral, não constroem ninhos para proteger e cuidar da prole: exceto pelo comportamento de corte e cópula, são solitários.

É sabido que existem cerca de 900 mil espécies de insetos conhecidas, sendo apenas 2% ditas eussociais, pois vivem em sociedade verdadeiramente avançada: as formigas cortadeiras estão inseridas neste grupo. Elas cortam as folhas das árvores que servem de substrato para o cultivo do fungo do qual se alimentam (GONZAGA, 2012).

De acordo com Oliveira (2020) e Souza (2022), as formigas cortadeiras são consideradas fundamentais para o ecossistema natural e modificados, nas suas variadas funções ecológicas, por causa dos seus comportamentos de nidificação. Os povos originários contam histórias sobre as formigas como seres inteligentes e trabalhadores. Em suas galerias, trabalham sobre a rocha-mãe trazendo grumos para a superfície do solo, deixando a “terra solta” (Figura 1).

Nos procedimentos de recuperação de áreas degradadas (RAD) seus túneis arejam o solo e sobre a terra solta nascem as primeiras sementes de árvores trazidas pela avifauna e chuvas: na terra solta, há minerais e restos de fungos de sua alimentação.

⁸ A eussocialidade é considerada o nível mais elevado de organização social entre os animais, sendo definida pelas seguintes características: cuidado com membros recém-nascidos, sobreposição de gerações, grupos de divisão de trabalho reprodutivos e não reprodutivos (PRESTES; CUNHA, 2012).



Figura 1. Terra solta do subsolo trazido por formigas da espécie *Atta laevigata* (saúva-cabeça-de-vidro). Fonte: Sebastião Antônio de Souza (2023).

Contudo, vêm causando diversos prejuízos na produção agropecuária no Brasil e no mundo, muitas vezes tornando-a inviável. As formigas do gênero *Atta* spp., as saúvas; e as do gênero *Acromyrmex* spp., as quenquéns, são as principais causadoras de danos nas diversas culturas de interesses comerciais (OLIVEIRA, 2020).

Segundo Nickele et al. (2013), por cortarem as partes frescas dos vegetais, principalmente folhas para cultivar o fungo, os gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são conhecidos como formigas cortadeiras. De acordo com Carvalho e Zorzenon (2017), possuem comportamentos específicos e são seletivas; ou seja, nem todas as espécies de vegetais são cortadas, pois dão preferência pelo corte de plantas exóticas.

Para Michereff Filho et al. (2013), as formigas conhecidas como saúvas e quenquéns aparecem no grupo das pragas mais importantes da agricultura brasileira (Figura 2). Para Reis Filho et al. (2013), em algumas regiões do Brasil, o ataque das formigas cortadeiras pode ocorrer durante todo o ano, causando constantes perdas na produção e morte das árvores.

Formigas cortadeiras se apresentam em maior quantidade em ambientes antropogênicos. Por consequência, quanto maior a perturbação antrópica, maior também sua interação com as plantas (LEAL; WIRTH; TABARELLI, 2012; SOUZA, 2022).



Figura 2. Formiga cortadeira da espécie *Atta laevigata* (saúva-cabeça-de-vidro).
Fonte: Márcio Araújo (2019).

Geralmente, elas cortam e carregam as folhas no período noturno. Cada formiga-cortadeira pode carregar materiais cujo peso é 20 vezes superior ao de seu corpo, transportando para dentro da colônia onde utilizam as folhas para a produção de alimento. Elas estão divididas entre rainhas, machos e operárias. As rainhas e os machos deixam o formigueiro para acasalar na famosa revoada. Formigas rainhas têm asas e acasalam durante voo com mais de um macho para conseguir coletar milhões de espermatozoides para a nova colônia (TERRA MAGNA, 2021).

De acordo com esse mesmo autor, depois do acasalamento, ela retorna ao solo, onde perde suas asas e começa a procurar o covil ideal para depositar os ovos e, assim, criar uma nova colônia. Já as operárias têm uma subdivisão:

- Soldadas: auxiliam no trabalho, são maiores e defendem o formigueiro de possíveis riscos e ataques.
- Carregadeiras e cortadeiras: compõem a maior parte da colônia - cortam, carregam, fazem escavações, permitindo sua defesa.
- Jardineiras: são menores e cultivam alimentos sobre as folhas que as cortadeiras transportaram.

As formigas cortadeiras de maior importância no Brasil podem ser encontradas em duas espécies (TERRA MAGNA, 2021):

- **Saúvas:** podem ser encontradas em todo o território brasileiro, em enormes formigueiros, causando grandes prejuízos por atacar a lavoura, desfolhando plantações novas. Os formigueiros se constituem de várias câmaras subterrâneas, o que causa erosões no solo. Isso porque as formigas compõem o interativismo biológico; ou seja, entram nas rochas e modificam o solo, por intermédio de pequenos canais.
- **Quenquéns:** são menores se comparadas às saúvas. Nos formigueiros dessa espécie, geralmente ficam restos de palhas e ciscos, especialmente na entrada.

Ainda não existe uma aplicação lógica para o que motiva as formigas a cortar uma determinada planta: seria uma opção fisiológica, nutricional ou ambiental, para diferenciar as plantas que serão atacadas (Figura 3).



Figuras 3. Ninhos das formigas cortadeiras (*Atta laevigata*). Fonte: Oliveira, 2020.

Conforme Anjos et al. (1998), devido à complexidade de sua organização social, vários princípios da filosofia do manejo integrado de pragas (MIP) não se aplicam às formigas. Apesar das dificuldades, algumas filosofias propostas pelo MIP têm dado certo, como exemplo, que é possível conviver com a formiga, desde que bem avaliada a situação para que não haja prejuízos ao produtor.

Para controle dessa praga, há importância na preservação de reservas naturais e manejo de sub-bosques, para condições favoráveis para estabelecimento de agentes alternativos do seu controle. Em fases de pré-plantio, plantio e rebrota, talvez seja importante realizar o controle químico com imediata interrupção da atividade forrageadora desses insetos, posto ser uma fase crítica das culturas (RODRIGUES, 2018).

No entanto, a utilização continuada de produtos químicos com agrotóxicos não seletivos, sem a troca de produtos, pode eliminar insetos benéficos e com isso causar desequilíbrios, aumento de populações de pragas e, principalmente, a perda de eficácia de inseticidas, pois ocorre uma seleção natural de linhagens de insetos resistentes a esses compostos químicos. Além disso, alguns aspectos negativos se somam, tais como: a contaminação do meio ambiente (solo, água, atmosfera e seres vivos); acidentes ocasionados pela má utilização de agrotóxicos; e custos altos dos produtos (MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2013).

Por tais questões, grandes empresas estão preocupadas com o aumento do uso de formicidas químicos. Há pouca pesquisa sobre alternativas aos inseticidas convencionais, que apresentam grandes desvantagens, como alto custo, baixa eficiência e elevados riscos de poluição, acúmulo de produtos tóxicos no ambiente.

Dessa forma, tem sido intensa a busca por defensivos agrícolas alternativos - são todos os produtos químicos, biológicos, orgânicos ou naturais, que possuam características menos agressivas ao meio ambiente, tais como: praticamente não tóxicos, baixa a nenhuma agressividade ao homem e à natureza, eficientes no combate e repelente aos insetos e microrganismos nocivos, não favoreçam a ocorrência de formas de resistência, custo reduzido para aquisição, simplicidade quanto ao manejo e aplicação, e alta disponibilidade para aquisição (FERNANDES, 2013).

O presente trabalho tem por objetivo identificar alternativas para o controle das formigas cortadeiras, reduzindo os impactos ambientais negativos.

2. Métodos de controle

Segundo Burg e Mayer (2000), alguns danos econômicos provocados pelas formigas são: um formigueiro adulto pode recolher 1000 Kg de folhas e

talos por ano; 10 formigueiros considerados velhos provocam uma redução de 50% da capacidade de pasto, consumindo até 21 Kg de capim dia⁻¹; um formigueiro de 10 m², pode matar 37 árvores, o que representa 8 m³ de madeira alqueire⁻¹ ano⁻¹.

Segundo Terra Magna (2021), chegam a consumir cerca de uma tonelada de folhas ao ano: no caso do eucalipto, seria o equivalente a 80 árvores por cada formigueiro. Em conformidade, Seragusi e Maruyama (2011), relatam que as formigas *Acromyrmex* (quenquéns) representam pragas nas áreas de reflorestamento. Por exemplo, em eucalipto, as folhas e brotações das árvores adultas são cortadas, e as perdas de povoamento podem chegar a 50%. As saúvas são as maiores causadoras de danos à atividade agro-pastoril-florestal.

O manejo inadequado das áreas cultivadas aumenta os danos causados pelas formigas, que aliado ao desequilíbrio ecológico e à monocultura, aumenta o uso de agrotóxicos mais poluentes e que causam maior impacto ambiental. Novas alternativas de controle de formigas cortadeiras ajudam a reduzir o uso irracional destes produtos altamente tóxicos e, até mesmo, a suprimi-los (Figura 4).



Figura 4. Formigas cortadeiras. Fonte: Pixabay, 2019.

O uso inadequado de agrotóxicos e o descaso dos aplicadores são motivos de preocupação há tempos remotos: tanto com a própria saúde e com

o meio ambiente. Por isso, recomendações vindas da experiência de campo, relatadas por técnicos e produtores, vêm sendo estudadas, para achar uma forma de reduzir e controlar o ataque de formigas cortadeiras sem o uso de produtos químicos.

2.1. Controle mecânico

Para o controle mecânico de formigas cortadeiras estão incluídas as práticas de destruição direta dos insetos, assim como as que têm função de impedir, utilizando barreiras, o acesso deles às plantas (REIS FILHO; NICKELE; STRAPASSON, 2011).

Utilizando uma enxada ou uma pá, faz-se a escavação dos ninhos na área infestada até que a rainha seja retirada e eliminada (Figura 5).



Figura 5. Escavação do formigueiro. Fonte: Slideplayer (2019).

Pode ser feito até 3 meses depois da revoada das saúvas: é viável em pequenas áreas e em formigueiros superficiais. Segundo Araújo, Della Lucia e Souza (2003), devido ao grande esforço físico feito para a escavação, ele fica restrito a pequenas áreas. É mais eficaz no controle de *Acromyrmex* – quenquéns – cujos ninhos são pouco profundos.

2.2. Controle cultural

O controle cultural consiste na utilização de implementos agrícolas durante a preparação do solo, para o cultivo na aração e gradagem, que pode matar as rainhas em formigueiros de até 1,5 m de profundidade, funcionando relativamente bem para o controle de formigueiros mais recentes. No entanto, o controle cultural pode ser visto como uma técnica secundária de eliminação de formigueiros incipientes (Figura 6).

Na Colômbia, a principal razão da mortalidade de *Acromyrmex landolti* em pastagens é a aração. Segundo Araújo, Della Lucia e Souza (2003), esse tipo de controle pode ser visto como uma técnica secundária de eliminação de formigueiros incipientes, pois essa técnica não é suficiente para evitar danos significativos em pastagens altamente infestadas.



Figura 6. Controle mecânico - aração e gradagem. Fonte: Revista Cultivar, 2022.

De acordo com Reis Filho, Nickele e Strapasson (2011); Meira e Leite (2022), para o controle cultural pode-se utilizar plantas “atraentes”, bastante perseguidas por *formigas*, tais como o gergelim, batata-doce, sementes de gergelim preto, leucena, mandioca, cana-de-açúcar e mamona, próximas às

culturas: servem como alimento alternativo ou “armadilhas” para as formigas, evitando o ataque às plantações.

Algumas características das espécies devem ser observadas. No caso do gergelim, de acordo com Silva (2022), um maior número de sementes por fruto é uma característica desejável: tanto do ponto de vista comercial como ecológico, pois é um importante indicador do sucesso reprodutivo da planta - um maior número de sementes produzidas aumentará as chances de perpetuação da espécie. O número de sementes por fruto influencia diretamente no rendimento de sementes, sendo que a produtividade da cultivar está mais relacionada ao número de grãos por fruto, que o número de frutos propriamente dito.

2.3. Compactação

Método usado para fazer a desorganização da colônia, tornando-as inativas por vários meses. Utilizando esse método repetitivamente, ou aliando a outros métodos de controle, elas podem até migrar para outros locais (Figura 7).



Figura 7. Uso da compactação no solo. Fonte: Pereira, 2017.

Esse método causa desabamento das panelas e danifica as formigas e seu ninho, obrigando-as a passarem muito tempo refazendo seu ninho,

diminuindo seu ataque. Segundo Burg e Mayer (2000), pode ser realizado com soquete manual, utilizado em construções.

2.4. Barreiras físicas

A barreira física ou de proteção é uma técnica em que se utiliza um obstáculo que impede as formigas cortadeiras de subirem no local de ataque: pode ser uma árvore ou suporte de viveiros. Usam-se cones invertidos de lata, plástico ou folha metálica, para proteger árvores e mudas.

O princípio de funcionamento é impedir que as formigas cheguem às folhas: canaletas de água e pneus funcionam, mas tem uma desvantagem: servem, também, como criadores de mosquitos (Figura 8). Para grandes áreas o seu uso pode não ser viável; contudo, é uma técnica com boa viabilidade para o plantio de árvores isoladas, pequenos pomares, plantas ornamentais, pequenos viveiros, canteiros, áreas urbanas, entre outros.



Figura 8. Limitador para formigas cortadeiras. Fonte: Sítio Curupira (2012).

De acordo com Seragusi e Maruyama (2011), o uso de barreiras visando a proteção das copas das árvores é muito utilizado em pomares, como o “Chapéu

Chinês” (Figura 9). Utilizam-se cones plásticos invertidos nos troncos, tiras plásticas revestidas com graxa ou vaselina, papel alumínio em tiras ou de plástico metalizado, sendo presos ao redor do tronco das árvores. Os cones plásticos invertidos apresentam boa eficiência contra formigas cortadeiras, mas são necessárias vistorias e reparos para garantir a proteção das árvores por mais tempo.



Figura 9. “Chapéu Chinês” protegendo frutífera em Agrofloresta, Mucuri, BA. Fonte: Gabriel Calmon Ruas Alves - Fazenda Boqueirão da Mata (2023).

2.5. Plantas repelentes ou tóxicas

Quando a infestação é baixa, algumas espécies podem ser usadas para repelir formigas cortadeiras (BURG; MAYER, 2000). Entre essas plantas, podem ser usadas a hortelã ou poejo (*Mentha spp.*); e batata-doce (*Ipomea batatas*) – são plantadas como bordadura, servindo de repelente (Figura 10).

Sabe-se que alguns compostos químicos encontrados na batata-doce têm uma ação fisiológica geral sobre as formigas cortadeiras e um efeito inibitório no desenvolvimento da cultura do fungo simbiótico (HEBLING et al., 2000). No entanto, são necessárias mais pesquisas para descobrir quais compostos químicos responsáveis pelos efeitos tóxicos e para avaliar seu potencial como inseticida e fungicida no controle de formigas cortadeiras.



Figura 10. Consórcio de plantas repelentes. Fonte: Silva, 2022. Foto: Nair H. Arriel, 2022.

O gergelim (*Sesamum indicum*), mamona (*Ricinus communis*), a ucuúba-do-cerrado (*Virola sebifera*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), são plantas que possuem princípios tóxicos contra o fungo que serve de alimento para a formiga. Segundo Moreira (2022), pode-se usar iscas a base do óleo de nim e do gergelim:

Ingredientes:

- 1 kg de sementes de gergelim;
- 15 ml de óleo de nim;
- 1 kg de farinha de trigo (a mais fina possível);
- 0,5 l de água.

➤ Como preparar a isca

1° Passo: preparo da massa da isca.

• Misture as sementes de gergelim e a farinha de trigo na água até formar uma pasta. A mistura deve ser bem feita.

2° Passo: formar a isca.

• Passe a pasta em uma máquina manual de fazer macarrão do tipo “cabelo de anjo”.

3° Passo: secagem da isca.

- A isca deve ser seca à temperatura ambiente por um dia.

4° Passo: preparo da isca.

- Passe sobre as iscas o óleo de nim.
- A isca deve ser quebrada em pedaços de 5 mm.

5° Passo: aplicação.

- Coloque de 20 a 30 g de isca por m² de formigueiro.
- Coloque a isca ao lado do olheiro e nunca no caminho ou direto no olheiro.
- A isca deve ser usada com tempo seco e nunca com chuva ou terreno molhado.

Cálculo da quantidade de isca por formigueiro:

A quantidade da isca a ser usada varia de acordo com o tamanho do formigueiro. O tamanho do formigueiro é calculado pela multiplicação da largura maior pelo comprimento maior em torno de onde a terra solta forma pequenos montes (Figura 11).

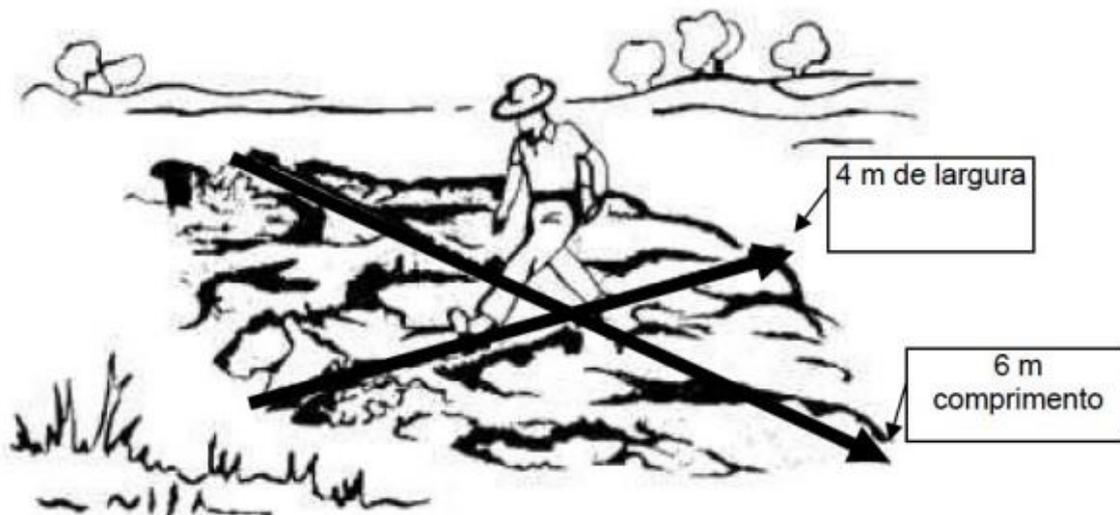


Figura 11. Mensuração de formigueiro. Fonte: Moreira, 2022.

- Tamanho do formigueiro: 4 m x 6 m = 24 m²
- Quantidade de iscas a serem utilizadas no formigueiro acima:
24 m² x 20 g m⁻² a 30 g m⁻² = 480 g a 720 g de iscas.

2.6. Resíduos gerados no processamento de produtos

Em 2005, testou-se a manipueira no combate às saúvas (*Atta* sp.), atendendo a repetidos pedidos de agricultores. Realizaram-se dois ensaios,

conduzidos simultaneamente (junho-julho/2005), nos municípios de Acopiara e Russas, Estado do Ceará, ambos encravados no Semiárido Nordeste. Na ocasião, aplicou-se cerca de 1 l de manipueira pura (não diluída) em cada “olho” dos formigueiros. Nos dois ensaios, um único resultado: a desativação dos saueiros (PONTE, 2006).

A manipueira, considerada um resíduo, é o líquido extraído da mandioca quando ela é prensada no processo de fabricação da farinha (Figuras 11 e 12). Quando lançado em curso d'água, agride o meio ambiente devido à elevada carga de materiais orgânicos e ácido cianídrico: tanto a mandioca quanto esse líquido contém o ácido cianídrico, venenoso e nocivo à alimentação humana e animal (EMBRAPA, 2011).



Figuras 11 e 12. Mandioca e Manipueira. Fonte: Revista Agropecuária, 2022.

A manipueira tem múltiplas utilidades, entre elas, serve para combater pragas e doenças, controlar formigas e insetos. Para o combate às formigas cortadeiras é recomendada a manipueira concentrada (EMBRAPA, 2011).

Conforme Santos et al. (2018), em trabalho realizado para controle de formigas cortadeiras, realizaram a coleta da manipueira com o auxílio de baldes posicionadas abaixo da máquina prensadora. Posteriormente, são armazenados em garrafas *pets* (2 l), sendo em seguida acondicionadas em geladeira até as datas de aplicações. Dessa forma, favorece a fermentação e aumenta a concentração de ácido cianídrico.

Segundo esses mesmos autores, as aplicações da manipueira ocorreram com o auxílio de um funil acoplado a uma mangueira, distribuindo-se cerca de 2 a 3 l da solução por ninho de formigas (sauveiros), sendo realizadas no período matutino, pela maior facilidade de aplicação e pela maior permanência das formigas nos ninhos neste horário (insetos de hábitos externos noturnos). Concluíram que a manipueira é um formicida de baixo custo e alta eficiência, sendo potencializado com o fechamento dos olheiros, sendo necessário, em média, 3 aplicações para erradicações.

2.7. Produtos repelentes

Produtos repelentes como barreira física e em faixa contínua têm sido usados para proteger e manter afastadas as formigas cortadeiras (BURG; MAYER, 2000). Borra de café, farinha de ossos, casca de ovo moída e torrada, carvão vegetal e cinza de fogão à lenha, são produtos usados como repelentes: são colocados ao redor dos canteiros e em faixas de 15 cm de largura (Figuras 13, 14 e 15).

De acordo com Meira e Leite (2022), outra opção é colocar 100 g de pimenta em uma vasilha e esmagar. Adicionar água até cobrir as pimentas amassadas e deixar descansar durante 24 horas. Após este período, coar e acrescentar uma colher (café) de sabão em pó biodegradável. Forma de uso: embeber em um pano e amarrá-lo ao redor de troncos de frutíferas. O caldo também pode ser usado para pintar os troncos.

Em trabalho realizado com horta escolar para controle de formigas cortadeiras, Fiorotti et al. (2011) utilizaram suco de pimenta vermelha e água, pulverizando as hortaliças.



Figura 13. Borra de café. Fonte: Garcia e Fenzl (2020).



Figura 14. Casca de ovo. Fonte: Shutterlok, 2022.



Figura 15. Cinza de madeira. Fonte: Meira e Leite, 2022.

Segundo Abreu Júnior (1998), existe vários produtos repelentes para o controle de formigas cortadeiras, tais como: cânfora, água com cinza, cal viva com água quente, cal com sulfato de amônio e creolina, que deverá ser pulverizada sobre os canteiros, mas sem atingir as folhas das plantas.

Como exemplos de preparo e aplicação (MEIRA; LEITE, 2022):

1. Cal virgem: Diluir 2 kg de cal virgem em 10 l de água quente; em seguida, aplicar diretamente sobre os olheiros.
2. Manipueira: Aplicar 2 l de manipueira diretamente sobre os olheiros, repetindo a cada 5 dias a mesma operação.
3. Farinha de osso, casca de ovo moída, pó de carvão ou cinza de fogão à lenha: Fazer uma barreira de 15 cm de largura ao redor dos canteiros ou plantas com alguns desses produtos citados.
4. Biológico: Misturar 50 l de água, 10 kg de esterco fresco e 1 kg de melaço ou açúcar mascavo. Deixar fermentar durante uma semana. Em seguida, coar o produto com um pano e aplicar dentro do formigueiro na proporção de 1 l do produto coado em 10 l de água.

➤ **Sugestões e formulações (MEIRA; LEITE, 2022):**

✓ **AGAVE** - Piteira ou Sisal (*Agave sisalana* Perrine)

- 5 folhas médias + 5 l de água

Deixar de molho por 2 dias, 5 folhas médias e moídas de Agave e 5 l de água. Aplicar 2 l desta solução no olheiro principal do formigueiro e tapar os demais para que as formigas não fujam.

Indicações: Saúvas.

Fonte: Jaccoud, 1994.

✓ **ANGICO** (*Piptadenia* spp.)

- 1 Kg de folhas de angico + 10 l de água

Deixar de molho as folhas de angico em 10 litros de água, por 8 dias. Aplicar na proporção de 1 litro desta solução por metro quadrado de formigueiro

Indicações: formigas cortadeiras (saúvas).

Fonte: Jaccoud, 1994.

✓ **MANIPUEIRA**

Manipueira é o suco de aspecto leitoso, extraído por compressão da mandioca ralada.

- Para o controle da formiga, utilizar 2 l de manipueira no formigueiro para cada olheiro, repetindo a cada 5 dias.

- Em tratamento de canteiro contra pragas de solo, regar o canteiro usando 4 litros de manipueira por metro quadrado, 15 dias antes do plantio.

- Para o controle de ácaros, pulgões, lagartas, usar uma parte de manipueira e uma parte de água, acrescentando 1% de açúcar ou farinha de trigo. Aplicar em intervalos de 14 dias.

Indicações: formigas, pragas de solo, ácaros, pulgões, lagartas.

Fonte: Paiva, 1995.

➤ **MACERADO DE MAMONA**

Macerar 300g de folhas de mamona, depois acrescentar 10 l de água. Deixar descansar durante 24 horas.

Aplicar 1 l em cada olheiro do formigueiro.

➤ **BOLDO, SALSA, HORTELÃ e, ou, CENOURA**

Plantar nas bordas das hortas e frutíferas.

✓ **PÃO CASEIRO**

- Pão caseiro

- Vinagre

Colocar pedaços pequenos de pão caseiro embebido em vinagre próximo às tocas/ninhos/carreadores e em locais onde as formigas estão cortando.

O produto introduzido na alimentação das formigas começa a criar mofo preto e fermenta. Isso é tóxico e mata as formigas.

Indicação: formigas saúvas.

Fonte: Zamberlan e Froncheti, 1994.

De acordo com Meira e Leite (2022), no início da implantação da horta, as formigas cortadeiras podem atacar; contudo, elas desaparecem com a incorporação da matéria orgânica no solo. Para ter bons resultados no controle de formigas, as práticas devem ser usadas em conjunto com seus vizinhos. É importante manter o equilíbrio e restabelecer a biodiversidade, pois as formigas são grandes recicladoras de nutrientes para a natureza.

2.8. Extrato de plantas

A preocupação em controlar pragas sem a utilização de produtos químicos remonta período superior a cem anos. Inicialmente, os produtos naturais foram obtidos a partir de extratos e partes de plantas ou ainda de minerais extraídos da terra (JACOBSON, 1989).

Uma alternativa ao uso de produtos sintéticos é o uso de extratos de plantas: são produtos de baixa toxicidade e persistência, resultando em menor impacto ambiental. Esses produtos agem como barreiras de proteção para as culturas, inibem a alimentação e a oviposição, retarda o desenvolvimento, afetando a reprodução e causando a mortalidade de insetos e pragas (Figura 16).

Os extratos vegetais surgem como uma opção para o manejo integrado de pragas; quando associados a outras práticas, podem contribuir para a redução de doses e aplicações de inseticidas químicos sintéticos que apresentam problemas aos organismos e ao ambiente (COSTA et al., 2004).

Faleiro et al. (2018) concluíram em seu trabalho que o extrato etanólico da semente e galho de Cagaitera (*Eugenia dysenterica*), apresentou efeito inseticida para as formigas cortadeiras *Atta laevigata*, com aumento da mortalidade à medida que se aumenta a dose do extrato.



Figura 16. Extrato de nim. Fonte: Meira e Leite, 2022.

Espécies como o nim (*Azadirachta indica*), cinamomo (*Melia azedarach*), catiguá (*Trichilia* spp.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), têm potencial de ação inseticida contra diversas espécies de insetos (Figura 17).



Figura 17. Pimenta do reino. Fonte: EMBRAPA, 2020.

A família Piperaceae possui por volta de 1000 espécies. Todas contêm metabólitos secundários ativos, os quais têm conhecidas propriedades inseticidas e medicinais. Compostos a base de amido extraídos da planta do gênero *Piper* spp., chamados de “amidos piper”, têm demonstrado efeito inseticida sobre a espécie *Atta sexdens rubropilosa* (PAGNOCCA et al., 2006).

Para Jung et al. (2013), o óleo essencial de Pitangueira (*Eugenia uniflora*) e o extrato alcoólico de Cinamomo (*Melia azedarach*) apresentam potencial inseticida.

2.9. Fungos

Pode-se dizer que, regra geral, as formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* atacam todas as culturas - florestais, agrícolas ou pastagens, nativas ou exóticas. Também, se for feita uma avaliação mais detalhada, mostra que elas selecionam espécies, cultivares e indivíduos que irão forragear. Esta seleção está relacionada a vários fatores; entre eles, o conteúdo de água, nutrientes e substâncias do metabolismo secundário da planta que podem atuar como atrativos ou repelentes (Figura 18).



Figura 18. Muda de siriguela (*Spondias purpurea* L.) atacada de forma isolada por formiga do gênero *Acromyrmex*. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

De acordo com Borba et al., 2006 as formigas do gênero *Atta*, alimentam-se de fungos que cultivam a partir de material em decomposição (cultivadoras de fungos inferiores) e folhas frescas (cultivadoras de fungos superiores; cortadeiras). As formigas cortadeiras, dos gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns), fazem corte do material vegetal fresco, com preferência por certas espécies vegetais que podem ser dos grupos das monocotiledôneas, dicotiledôneas ou ambas, atuando na desfolha desses vegetais.

Para Baccaro et al. (2015), podem utilizar tanto vegetação nativa, quanto espécies cultivadas pelo homem, sendo consideradas pragas agrícolas, por promoverem danos econômicos severos, especialmente em *citrus spp.*, pastagens, cultivos de cana-de-açúcar, eucalipto e jardins ornamentais, durante o seu forrageio.

Os fungos entomopatogênicos são usados em programas de controle microbiológico - são agentes biológicos que controlam naturalmente o tamanho das populações de insetos (LACEY et al., 2015). Contudo, insetos sociais são mais difíceis de serem controladas: a estrutura e a organização social destes insetos são as primeiras barreiras a serem vencidas. Todo inseticida, seja

químico ou biológico, deve agir sobre a colônia, matando a rainha (ou rainhas, dependendo da espécie), as operárias e as formas imaturas (Figura 19).



Figura 19. Possíveis patógenos das formigas: *Aspergillus*, *Clonostachys* e *Fusarium*. Fonte: Atta, 2014.

Branco et al. (1995) realizaram pesquisas em condições naturais, envolvendo a aplicação direta e a utilização de iscas contendo *Beauveria bassiana* para controle de *Acromyrmex straitus*. Aplicaram-se iscas contendo *Beauveria bassiana* diretamente no interior de mais de 200 colônias de *Acromyrmex*, em área de cultivo misto e em matas plantada de *Eucalyptus saligna*. No final da primeira semana já foram vistas formigas com sintomas de infecção; a partir da segunda semana, observou-se uma redução do forrageamento, desorganização nas trilhas e retirada dos ninhos de grande número de formigas mortas; aos 2 meses, a mortalidade das colônias atingiu 87% na área de cultivo e misto; e 83% na mata de *Eucalyptus saligna*.

Em trabalho feito por Rezende (2007), é citada a utilização de vinagre como substância antifúngica no pão, que consiste em deixar que elas carreguem para a panela do formigueiro a isca alimentar, sendo também uma forma de controle.

Conforme Silva e Rosa (2017), em pesquisa sobre controle de formigas cortadeiras (*Atta sexdens rubropilosa*) na agricultura orgânica, fez-se utilização

de controle biológico com as Bioiscas e os fungos *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae* e *Trichoderma lignorum* - tiveram resultado de redução populacional e inativação de formigas por um espaço de tempo. Assim, pode-se conseguir a redução de danos econômicos e ambientais.

É importante ressaltar que, diferentemente do controle tradicional, o êxito dos programas de controle biológico reside nos estudos regionalizados devido às complexas interações ambiente-hospedeiro-patógeno. O controle microbiológico de formigas cortadeiras parece ser uma alternativa promissora e viável em contraposição ao uso de inseticidas químicos.

2.10. Homeopatia

A homeopatia é um estudo de técnicas terapêuticas, onde os princípios são intimamente ligados à medida que norteia a produção orgânica e a ecológica dos alimentos, além de ser utilizado no tratamento de doenças, controle biológico e do ponto de vista ambiental e econômico (OLIVEIRA, 2020).

A sua utilização na agricultura significa melhoria da qualidade ambiental e maior segurança aos trabalhadores rurais e aos consumidores, bem como benefício na conservação da fauna e flora em suas áreas de abrangência, posto ser uma das características desta ciência a utilização de concentrações mínimas de matéria. A homeopatia estimula os sistemas de defesa destes organismos de modo que resistam às doenças e pragas, combatendo com seus próprios meios, os vírus, os fungos, as bactérias e outros tipos de agentes (CÂMARA, 2009) (Figura 20).

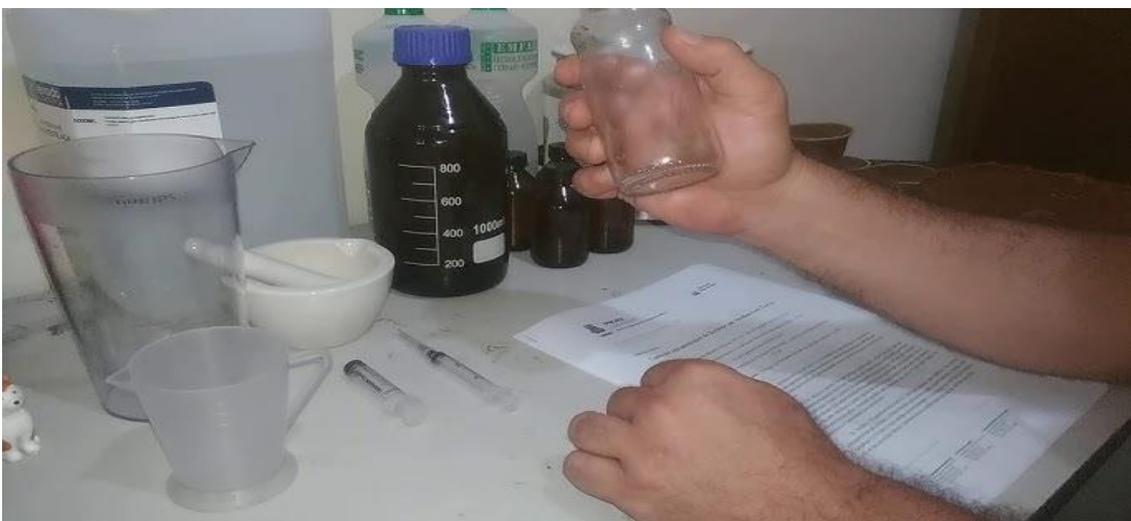


Figura 20. Preparo homeopático. Fonte: Câmara, 2009.

De acordo com esse mesmo autor, um organismo enfraquecido, sem reservas, a consequência é o surgimento de fragilidades e doenças, devido à redução da sua resistência e resiliência. Praticar a homeopatia se utiliza de concentrados homeopáticos. Há de se considerar que as “pragas” são, na verdade, sinais de que o ambiente está em desequilíbrio. Câmara (2009) aponta os benefícios da homeopatia:

1. O não uso de produtos químicos tóxicos;
2. A não dependência de empresas multinacionais por parte dos produtores;
3. O uso de um produto de baixo custo;
4. Inócuo para quaisquer outros organismos;
5. Passível de ser elaborado na propriedade;
6. Não extermina o organismo, mas o induz ao equilíbrio ambiental; entre outras vantagens.

Um tipo de preparado é o nosódio⁹, feito a partir do agente causador da doença ou do desequilíbrio. O nosódio vivo é preparado com agentes ou organismos vivos: o nosódio do inseto praga é feito com insetos vivos.

Segundo Giesel (2007), em trabalho realizado com tratamentos homeopáticos para o manejo de formigas, conseguiram resultados na redução da atividade total e forrageira de *Acromyrmex Spp.* e *Atta sxdens priventris* com nosódio triturado de formigas na 30CH¹⁰. O preparado homeopático de nosódio (a partir da mesma praga, no caso com a mesma formiga), com (*Apis mellifera*) CH5 ou Belladonna CH5 tem mostrado controlar as formigas cortadeiras em geral.

Câmara (2009) sugere os seguintes passos na elaboração do nosódio para formigas cortadeiras:

1. Usar, em partes iguais (em torno de 2 ml), água (não tratada) + álcool 70% + glicerina, para macerar 10-15 formigas, em almofariz de cerâmica (ou outro recipiente não metálico).
2. Deixar em infusão por 48 horas, agitando de tempo em tempo.

⁹ Os nosódios são preparações homeopáticas de materiais orgânicos derivados de produtos inativos de doenças, culturas de microrganismos (bactérias, vírus e fungos, por exemplo) ou parasitas, material infectado ou com alterações patológicas ou produtos de decomposição animal ou humana (CÂMARA, 2009).

¹⁰ As diluições mais baixas (5CH) são usadas para situações agudas, como uma picada de inseto; as diluições intermédias (7CH ou 9CH) são usadas em situações como cãibras ou dores articulares; as diluições mais altas (15CH ou 30CH) são usadas para sintomas nervosos, como o *stresse* e a ansiedade e em doenças crônicas (GIESEL, 2007),

3. Colocar 3 gotas deste macerado em 10 ml de álcool 70% (em vidro âmbar).
4. Dinamizar, fazendo 100 sucções sucessivas: obtém-se o CH1.
5. Colocar 3 gotas do CH1 em 10 ml de álcool 70%, dinamizar 100 vezes, obtendo-se o CH2.
6. Assim, sucessivamente, até obter-se o CH12.
7. Usar 10 gotas do CH12 para cada l de água (não tratada), para pulverizar sobre os olheiros, trilhos e plantas atacadas, duas vezes por dia, durante 5 dias consecutivos.
8. Para cada dia de aplicação, refazer o CH12 a partir do CH11 que ficou armazenado em local escuro, longe de radiações de qualquer espécie.

2.11. Feromônios

Existem duas formas de utilização de feromônios no controle de formigas, de acordo com Wilcken e Berti (1994): a) a primeira é a desorganização do sistema social da colônia com eventual enfraquecimento e morte da mesma; b) a segunda forma é a incorporação de feromônios em iscas granuladas visando o aumento da sua atratividade às operárias, conseqüentemente o aumento do transporte para o interior do ninho.

Segundo Zarbin, Rodrigues e Lima (2009), a utilização de feromônios para controle de insetos-praga está de acordo com o modelo desejado para a agricultura do futuro. Não causa danos ao meio ambiente por depósito de resíduo químico, possui alta especificidade sem apresentar efeitos deletérios às espécies que não são objetos de controle (Figuras 21 e 22).



Figuras 21 e 22. Organização social e Desorganização social. Fonte: Wilcken e Berti, 1994.

2.12. Aumento da biodiversidade

A prevenção é forma mais eficiente de prevenção ao ataque de “pragas” e “doenças” nos plantios. Inicialmente, é importante fazer um manejo preventivo, visando o fortalecimento das defesas internas dos agroecossistemas contra o ataque por alguma espécie indesejada (SOUZA, 2022).

O objetivo será desenhar um conjunto de sistemas de produção integrados dentro da propriedade e em seu entorno, que imita a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, para manter ou estabelecer o equilíbrio natural. Esse equilíbrio se consegue por intermédio do plantio de espécies consorciadas, que se complementam respeitando seus ciclos, criando interações positivas, dando preferência às plantas nativas mais resistentes e adaptadas às condições locais (MARTÍ; KÜSTER; QUEMEL, 2010).

Na lista de inimigos naturais das formigas cortadeiras, podem-se citar: as aves, principalmente durante a revoada; alguns mamíferos, como tatus e tamanduás, que atacam colônias já estabelecidas; aranhas, lagartos, sapos, algumas espécies de besouros (*Canthon* spp., *Taeniolobus* spp.); outras formigas, como a lava-pés, bandeirante, correição e cuiabana; e algumas espécies de mosca da família Phoridae é superior quando se tem uma maior diversidade biológica no ambiente (FERREIRA, 2010).

Em uma floresta, por exemplo, não existem insetos-praga, pois se concentra nesse ambiente muita diversidade, principalmente florística. Tais espécies de plantas criam um ambiente favorável a manutenção de uma grande diversidade de espécies de insetos. Dessa forma, o alimento é disperso: como os inimigos naturais se encontram presentes, não permite ocorrer o crescimento desenfreado prioritário de uma espécie isolada (ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009).

A teoria da trofobiose, usada pelo pesquisador francês Francis Chaboussou, sugere a ideia de que não é qualquer planta que é atacada por “pragas” e doenças. Chaboussou demonstrou que estas plantas são doentes por serem submetidas a estresses causados por excesso ou falta de nutrição ou manejos incorretos, provocando um desequilíbrio no seu desenvolvimento (MARTÍ; KÜSTER; QUEMEL, 2010).

De acordo com esses mesmos autores, quando existe um equilíbrio entre as espécies, nenhuma delas chegam a ser uma “praga”; portanto, precisa-se

manter o equilíbrio do ecossistema, por meio da preservação de um habitat favorável, tais como matas, bosques, árvores, pomares, onde estas espécies consigam viver. É importante manter algumas plantas, que servem de abrigo e local de reprodução dos insetos “amigos”.

Como explica a pesquisadora em solos Primavesi (2002), a planta não fica doente pelo parasita, mas pela deficiência nutricional. Fala da deficiência de molibdênio nas plantas, atraindo as formigas cortadeiras por conta dos aminoácidos livres na seiva; ou seja, corrigir o molibdênio seria também uma estratégia pensando no manejo das formigas por meio de práticas integradas, sempre buscando aumentar a biodiversidade.

De acordo com essa mesma autora, o parasita somente tenta matar a planta inadequada para a vida. Quando a planta é atacada por insetos, ácaros, nematoides ou microrganismos (fungos, bactérias ou vírus) são, portanto, um sinal de uma deficiência de nutrientes, ficando disponível na seiva o alimento de que eles precisam. Este alimento é constituído, principalmente, por aminoácidos, que são substâncias simples e se dissolvem facilmente (solúveis). Quer dizer, um vegetal saudável, bem alimentado em qualidade e quantidade, dificilmente será atacado por "pragas" e "doenças".

Como exemplo para aumento da biodiversidade vegetacional e da biota do solo, o estabelecimento de Sistemas Agroflorestais (SAFs) e o uso de corredores ecológicos, são formas de aumentar a biodiversidade: promovem uma condição onde o ambiente é variado e a chance de uma espécie se tornar praga é reduzida - há um controle mútuo.

Apostar em árvores e arbustos que produzam frutas que atraiam pássaros, calabura¹¹ (*Muntingia calabura*), por exemplo, aumentar a matéria orgânica do solo, principalmente com o uso de leguminosas, com a realização de podas das árvores. Dessa forma, com o passar do tempo, percebem-se que as formigas cortadeiras são substituídas por outras espécies de formigas: úteis e com funções fundamentais ao equilíbrio do ecossistema.

¹¹ Calabura é o nome vulgar da espécie arbórea *Muntingia calabura*, da família Muntingiaceae. Seus frutos são pequenos, globosos e muito doces, sendo muito apreciados por aves e morcegos, peixes tornando esta espécie muito importante para a atração da fauna em áreas de reflorestamentos (SÍTIO DA MATA, 2019).

2.11. Experiências pessoais

Ao longo do tempo, sem comprovação científica, mas com resultados efetivos em diversas situações, algumas sugestões.

Sobre cada formigueiro (panela de terra solta), misturar calcário, cinza, pedaços de carvão, serapilheira, pó de rocha¹² e esterco curtido. Misturar com a terra solta. Espalhe essa terra pela sua propriedade com carrinho-de-mão: funcionam como uma adubação de cobertura: usar no pomar, horta ou vaso. Repetir durante toda a época da seca.

Na época das chuvas, plantar árvores de sementes, estacas de margaridão, feijão guandu, mandioca nos formigueiros (sobre eles), muitas sementes, plante também milho, feijão, abóbora, melancia. As raízes das plantas farão o controle das formigas.

Faça podas das plantas, galhos e folhas: picar e espalhar sobre toda a área. Regar toda a área com microrganismos da mata. Aplicar biofertilizantes também ajuda a reduzir o desequilíbrio nutricional, promovendo a resistência e a resiliência do agroecossistema.

Há de se considerar que a formiga cortadeira se alimenta de fungos que são desenvolvidos dentro dos formigueiros, nas folhas que elas cortam. Entendendo essa lógica, fica um mais fácil a adequação de uma dada área para a convivência "pacífica" com as formigas. Em casos diversos, tem pouca matéria orgânica para elas desenvolverem os fungos; daí irem buscar onde encontrar. Pode-se fazer um cinturão de braquiária ou feijão de porco, entre outros, para proteger a cultura principal. As formigas atacam a braquiária e deixam a cultura principal.

Em depoimento pessoal, Andressa Alves, produtora rural, discorre sobre uma experiência na propriedade de uma agricultora, onde se utilizou laranja e limão mofados para o controle de formigas cortadeiras. Como resultado, a agricultora achou que o efeito do limão mofado apresentou melhor eficácia. Basta deixar de molho o limão e a laranja, ambos mofados, em um balde. A seguir é feita a sua soca, coa-se, acrescenta-se mais água, e joga-se esse líquido diretamente no formigueiro: apresenta bom controle.

¹² Pó de rocha é um tipo de insumo utilizado na técnica de adubação agrícola conhecida como rochagem. De maneira geral, é resultante de rochas trituradas em diferentes granulometrias que são aplicadas ao solo.

De acordo com João Batista Silva Araújo, Engenheiro Agrônomo do INCAPER Venda Nova, cabe um comentário sobre a saúva. Apesar de não ser entomologista, é sabido que em novembro tem a revoada de tanajura (futura rainha). Resumindo: ela cruza com vários "bitus", abre um novo ninho, regurgita o fungo e começa a botar os ovos. Nascem as "formiguinhas". Três meses depois (fevereiro) o formigueiro abre e começa a atividade: 1) O controle do formigueiro novo, pouco profundo e com apenas uma panela, é mais eficiente; 2) se fizer controle convencional (mirex) vai gastar 50 g formigueiro novo⁻¹. Se esperar um ano, gastará muito mais; 3) Por isso, as técnicas alternativas do tipo: cavar e matar a rainha, água de mandioca, isca tefrósia¹³, entre outros, funcionarão melhor com o controle persistente dos formigueiros novos.

Como combater a formiga-cortadeira de forma sustentável

Além das sugestões anteriores, existem outras maneiras eficazes de combater a formiga-cortadeira de forma sustentável, eliminando o fungo que a alimenta - em outras palavras, sem comida, sem formiga.

- **Laranja:** abra o formigueiro e coloque uma laranja em decomposição dentro dele; assim, os fungos de que as formigas se alimentam serão eliminados. Logo, sem os fungos que são os principais alimentos, não haverá formigas.
- **Esterco:** faça uma mistura de esterco com água e coloque para ferver; depois que levantar fervura, despeje na entrada do formigueiro.

Algumas recomendações (MEIRA; LEITE, 2022):

✓ **Semente de gergelim preto**

- Espalhe as sementes de gergelim preto na bordadura dos canteiros; após seu crescimento, a folha dessa cultura irá se tornar atrativa para as formigas.

¹³ Tefrósia (*Tephrosia vogelii* Hook. F.) é uma leguminosa arbustiva nativa da África, onde é cultivada como adubo verde. A partir dos resultados obtidos com pesquisadores da EMBRAPA (2012), demonstrou-se que esta espécie apresenta potencial para inclusão como adubo verde em sistemas orgânicos de produção nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense.

- As formigas cortam as folhas e carregam para o formigueiro. As folhas são tóxicas para o fungo que alimenta as formigas.

✓ **Leucena, Mandioca, Cana-de-açúcar.**

- Plantar junto com a cultura principal, em bordadura, aleias ou consorciadas: atraem as formigas, impedindo que causem danos à cultura principal.

✓ **Batata-doce**

- Plantar ao redor da horta.

Como proteger as plantas de formigas-cortadeiras (TERRA MAGNA, 2021)

As formigas geralmente carregam folhas inofensivas ao formigueiro; algumas boas estratégias são:

- **Plantar gergelim ao redor da plantação:** servirá como inseticida natural, por ser tóxico para as formigas.
- **Fazer um repelente usando cinzas:** é preciso peneirar os restos das cinzas de uma churrasqueira ou de um fogão a lenha. Depois, misture com água e, no fim da tarde, pulverizar a plantação.
- **Plantar batata-doce ao redor da lavoura e entre os canteiros:** a batata também serve como repelente: quando a formiga corta a folha da rama de batata, escorre látex, repelindo as formigas.

3. Considerações Finais

Questões econômicas e ambientais têm obrigado as empresas reflorestadoras e agropecuárias a melhorarem o rendimento das técnicas de controle químico e incentivado a experimentação de novas tecnologias e de novos princípios ativos tóxicos para o controle de formigas cortadeiras. No entanto, além dos métodos convencionais com produtos tóxicos, existem vários métodos alternativos, que causam menos impactos e externalidades aos seres humanos e ao meio ambiente.

É necessário entender o processo de controle biológico com a formiga cortadeira, no qual os danos causados são extremamente prejudiciais ao

ambiente onde estão inseridas. Infelizmente, o controle biológico é uma das opções menos vislumbradas pelos agricultores, posto que a utilização de produtos químicos venha prevalecendo: semelhante a vários outros métodos de relevância a um controle de pragas.

Para aplicação dos métodos alternativos de controle de formigas cortadeiras é necessário o seu conhecimento para poder aplicá-los de acordo com cada realidade vivenciada. Deve-se buscar obter o máximo possível de informações científicas pertinentes, para que as técnicas utilizadas estejam de acordo com a biologia e hábitos comportamentais destas espécies.

No início da implantação de uma dada cultura, as formigas cortadeiras podem atacar, mas elas desaparecem ou tendem a entrar em equilíbrio com a incorporação da matéria orgânica no solo. Contudo, para que se tenham bons resultados no seu controle, as práticas devem ser usadas em conjunto com a vizinhança.

É importante manter o equilíbrio e restabelecer a biodiversidade, posto que as formigas sejam as grandes recicladoras de nutrientes para o agroecossistema. Promover o consórcio de culturas é uma das práticas mais comuns utilizadas para aprimorar os recursos ambientais, aumentando a produtividade e rendimento das culturas.

Estimular o uso de controles alternativos, como aqueles praticados em modelos agroecológicos de produção, deve ser uma busca constante. Há de se ter em vista a qualidade de vida que a alimentação saudável proporciona. A interação desses métodos deve ser estimulada objetivando reduzir ao máximo o uso de produtos químicos tradicionais.

É uma maneira de contribuir positivamente para o equilíbrio dos agroecossistemas e promover o desenvolvimento ambiental local e regional de forma sustentável. Assim, a busca constante de alternativas para o controle das formigas cortadeiras, que causem menor impacto negativo ao ambiente, deve ser a base filosófica das pesquisas voltadas para novas opções de métodos alternativos para o seu controle.

4. Referências bibliográficas

ABREU JUNIOR, H. de. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura**. Coletânea de receitas. EMOPI Editora, 1998. Campinas – SP.

ANJOS, N.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. **Guia prático sobre formigas cortadeiras**. Ponte Nova: Graffcor, 1998. 100 p.

ARAÚJO, M. da S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, DJ de. Estratégias alternativas de controle de formigas cortadeiras. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 1, 2003.

ATTA. **Possíveis patógenos das formigas**. Disponível em: <<http://attapoderesdanatureza.blogspot.com/2014/08/fungos-parasitas-de-formigas.html>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P. de; SOLAR, R. R. C. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Zenodo. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.32912>.

BORBA, R. DA S.; LOECK, A. E.; BANDEIRA, J. de M.; MORAES, C. L.; CENTENARO, E. D. Crescimento do fungo simbionte de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* em meios de cultura com diferentes extratos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 725-730, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000300002>.

BRANCO, E. F.; WILCKEN, C. F.; ALVES, A. N.; SILVA, M. J.; LUXNICH, G.; LOPES, J. W.; BIDA, F. Rendimento operacional do sistema FMC - Aerosystem no controle localizado de *Atta seddens rubropilosa* (Hym., Formicidae) em florestas de eucalipto. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 15, 1995, Caxambú, MG. **Resumos...** Caxambú: SEB, 1995. p. 543

BURG, I. C.; MAYER, P. H. **Alternativas ecológicas para preservação e controle de pragas e doenças (caldas, biofertilizantes, fitoterapia animal, formicidas, defensivos naturais e sal mineral)**. 2000. 10ª edição – revisada e ampliada. Grafit Artes Gráficas e Editora.

CÂMARA, F. L. A. Controle de pragas com homeopatia. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), 2009.

CARVALHO, A. E. de C; ZORZENON, F. J. **Programa de sanidade em agricultura familiar: formigas cortadeiras**. São Paulo. 2017.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. P. da; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 2, p. 173-185, 2004.

DIDONET, A. D. Produção informal de semente de feijão comum com qualidade. **Embrapa Arroz e Feijão-Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Contando ciência e agroecologia**. Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agroecologia/-/asset_publisher/Gh7VczqVqPYX/content/pimenta-do-reino-mantem-as-planta-coes-saudaveis/1355746?inheritRedirect=false. Acesso em: 15 abr. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manipueira, um líquido precioso**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18147209/manipueira-um-liquido-precioso>. Acesso em: 12 mar. 2023.

FALEIRO, M. V.; FALEIRO, J. H.; ROCHA, E. C.; ARAÚJO, M. da C.; ARRUDA, A. da S. Potencial alelopático e atividade inseticida do extrato etanólico de *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae). In: **Anais...** Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687). 2018.

FERNANDES, M. C. A. **Defensivos alternativos**. Programa Rio Rural. ISSN 1983-567, Niterói-RJ, 2013.

FIOROTTI, J. L.; CARVALHO, E. da S. S.; PIMENTEL, A. F.; SILVA, K. R. da. **Horta: a importância no desenvolvimento escolar**. **Anais...** XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica. Universidade Vale do Paraíba, 2011.

GARCIA, W. do C.; FENZL, L. Produção de adubo e defensivos naturais na comunidade de Camurituba-Beira no município de Abaetetuba-Pá. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 15064-15076, 2020. ISSN 2525-8761. DOI: 10.34117/bjdv6n3-398.

GIESEL, A. **Preparados homeopáticos, iscas fitoterápicas, conhecimento popular e estudo do comportamento para o manejo das formigas cortadeiras no Planalto Serrano Catarinense**. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages (Dissertação de mestrado). 2007. 97 p.

GONZAGA, A. D. **Antagonismo de bactérias endofíticas de plantas da Amazônia contra o jardim de fungos associados às formigas cortadeiras *Atta sexdens Hymenoptera* (Formicidae: Attini)**. Tese apresentada à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Biotecnologia. 2012. 176 p.

HEBLING, M. J. A.; BUENO, O. C.; MAROTI, P. S.; PAGNOCCA, F. C.; SILVA, O. A. de. Effects of leaves of *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants *Atta sexdens* L. (Hym., Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 124, n. 5-6, p. 249-252, 2000.

IHU – Instituto Humanitas Unisinos. Conhecendo os insetos sociais: cupins e formigas. **Revista on-line do Instituto Humanitas Unisinos**, ed.205, 2006.

JUNG, P. H.; SILVEIRA, A. C. da; NIERI, E. M.; POTRICH, M.; LOZANO, E. R.; REFATTI, M. Insecticidal activity of *Eugenia uniflora* L. and *Melia azedarach* L. on *Atta laevigata* Smith. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 191-196, 2013.

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, n. 132, p. 1-41, 2015.

LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Formigas-cortadeiras e a ambiguidade de suas relações com plantas. **Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**, p. 215-239, 2012.

MARANGONI, C.; DE MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de ciências ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.

MARTÍ, J. F.; KÜSTER, A.; QUEMEL, P. **Agroecologia: manejo de "pragas" e doenças**. 2010.

MEIRA, A. L.; LEITE, C. D. FICHAS AGROECOLÓGICAS - **Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica**. Controle de formigas cortadeiras 1 e 2. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/28-controle-de-formigas-cortadeiras-1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MICHEREFF FILHO, M.; VILELA RESENDE, F.; VIDAL, M. C.; GUMARÃES, J. A.; MOURA, A. P. de; SILVA, P. S. da; REYES, C. P. Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2013.

MOREIRA, V. R. R. FICHAS AGROECOLÓGICAS - **Tecnologias apropriadas para agricultura orgânica**. CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS 3. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/28-controle-de-formigas-cortadeiras-1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NICKELE, M. A.; PIE, M. R.; REIS FILHO, R. ; PENTEADO, S. do R. C. Formigas cultivadoras de fungos: estado da arte e direcionamento para pesquisas futuras. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 53-72, 2013.

OLIVEIRA, S. de. **Estudos homeopáticos relacionados à formiga cortadeira (*Atta laevigata*)**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura de Ciências Biológicas da Faculdade de Apucarana como requisito parcial para a obtenção do título de graduado. 2020. 31 p.

PAGNOCCA, F. C.; VICTOR, S. R.; BUENO, F. C.; CRIOSTOMO, F. R.; CASTRAL, T. C.; FERNANDES, J. B.; CORREA, A. G.; BUENO, O. C.; BACCI, M.; HEBLING, M. J. A. Synthetic amides toxic to the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* L. and its symbiotic fungus. **Agricultural and forest entomology**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2006.

PEREIRA, C. **Compactação de solos**. *Escola Engenharia*. 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/compactacao-de-solos/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

PIXABAY. **Formigas do Brasil**. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/photos/macro-inseto-formiga-folheto-3429627/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

PONTE, J. J. da. **Cartilha da manipueira uso do composto como insumo agrícola**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2006. 66 p. ISBN 85-87062-67-0.

PRESTES, A. C.; CUNHA, H. F. da. Interações entre cupins (Isoptera) e formigas (Hymenoptera) cohabitantes em cupinzeiros epígeos. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 1, n. 1, p. 50-60, 2012.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

REIS FILHO, W.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; NICKELE, M. A.; MARTINS, M. F. de O. **Formigas cortadeiras em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta-iLPF: fundamentos para o controle**. Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), Colombo PR, 2013. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/977036>. Acesso em: 12 nov. 2022.

REIS FILHO, W.; NICKELE, M. A.; STRAPASSON, P. **Combate às formigas cortadeiras**. SENAR-PR 003, Curitiba 2011.

REVISTA CULTIVAR. Controle mecânico com aração e gradagem. 2022. Artigo original de KAMPHORST, J. S., publicado na edição n. 24 da revista Cultivar Máquinas, de outubro de 2003. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/quanto-gasta-seu-trator>. Acesso em: 22 mar. 2023.

REVISTA AGROPECUARIA. **Produção de farinha e extração da manipueira**. 2022. Disponível em: < <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2012/01/09/-guate-mandioca-para-o-controle-de-pragas/>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

REZENDE, J. M. **Cartilha de homeopatia: instruções práticas geradas por agricultores sobre o uso da homeopatia no meio rural**. Fundação Arthur Bernardes (vinculada a UFV). 2007. 40 p.

RODRIGUES, F. P. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadoras na reserva da Kimberly-Clark. **Revista Científica UMC**, v. 3, n. 3, 2018.

SANTOS, M. A. P. dos; FREITAS, I. C.; SOUSA, V. L. da S.; MIRANDA, D. R. de; TEIXEIRA, G. C. M. Uso de manipueira no controle de formiga cortadeira. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

SANTOS, S. J. de A.; ESTRELA, J. W. de M.; CAMPOS, C. de L.; MONTEIRO, E. de S.; LUCENA, V. O.; MARIANO, E. de F. Agroecologia: percepção dos agricultores familiares do município de Picuí-Paraíba. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

SERAGUZI, E.; MARUYMA, W. I. Manejo de formigas cortadeiras no município de Cassilândia. **Anais... SEMEX**, v. 4, n. 4, 2011.

SHUTTERLOK, M. P. **Reaproveitamento de casca de ovo**. 2022. Disponível em: <<https://blog.tudogostoso.com.br/dicas-de-cozinha/dicas-para-reaproveitar-casca-de-ovo/>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SILVA, B. L. da; MACHADO da ROSA, A. C. **Controle da formiga cortadeira (*Atta sexdens rubropilosa*) em agricultura orgânica no bioma Cerrado**. Repositório Institucional da UFSC, 2017. 20 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/174309>. Acesso em: 13 out. 2022.

SILVA, W. A. O. da. **Desempenho agrônômico e fisiologia de cultivares de gergelim em sistemas consorciados** [manuscrito]. 2022. 70 p. Digitado. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 2022.

SITIOCURUPIRA. **Alternativas ecológicas para prevenção de pragas e doenças**. Disponível em: <https://sitiocurupira.wordpress.com/alternativas-ecologicas-para-prevencao-e-controle-de-pragas-e-doencas/> Acesso em: 14 mar. 2023.

SITIODAMATA. **Calabura**: Muntingia calabura. 2019. Disponível em: <https://www.sitiodamata.com.br/calabura-muntingia-calabura.html>. Acesso em: 30 mar. 2023.

SLIDEPLAYER. **Escavação do formigueiro**. Fonte: <<https://slideplayer.com.br/slide/4038404>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

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>.

TERRA MAGNA. **Formiga-cortadeira**: melhores formas de controle. 2021. Disponível em: <https://terramagna.com.br/blog/formiga-cortadeira/>. Acesso em: 30 mar. 2023.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E. **Controle biológico de formigas cortadeiras**. PCMIP/IPEF, p. 1-5, 1994.

ZARBIN, P. H. G; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009.

Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil

Mayra da Silva Polastrelli Lima, Emily de Matos Barbosa, Erasmo Vergineo, Gleidiane dos Santos Bento, Tiago de Souza Alves, David Brunelli Viçosi, Jéferson Luiz Ferrari, Guilherme Andrião Trugilho, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c9>

Resumo

O planejamento de qualquer atividade agropecuária deve levar em conta o atendimento as legislações vigentes, bem como a experiência do agricultor, a disponibilidade de recursos financeiros e a adoção de práticas conservacionistas. Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho simular a implantação de práticas conservacionistas e área de preservação permanente (APP) em pequena propriedade rural. O estudo foi realizado em um sítio no Estado de Minas Gerais, no município de Caiana. Para o levantamento dos dados científicos foi realizada uma visita técnica à propriedade, previamente agendada. Na sequência, os arquivos foram descarregados e manipulados em aplicativo computacional livre *Google Earth PRO*, para diagnosticar e elaborar o uso racional da propriedade. Concluiu-se que a área da propriedade é subutilizada. A elaboração do planejamento no uso da terra aumenta a área de cultivo, vislumbra a adoção de práticas conservacionistas que mantêm a conservação do solo e da água, bem como delimita as APPs em atendimento à legislação. Esse tipo de estudo se mostrou uma ferramenta eficaz para atender aos levantamentos e planejamento de práticas conservacionistas em pequenas propriedades rurais, contribuindo para: aumento da renda, melhoria na qualidade de vida, fixação da família e de seus sucessores no campo.

Palavras-Chave: Conservação. Água. Solo. Capacidade.

1. Introdução

O modelo de desenvolvimento da sociedade moderna trouxe consigo uma série de prejuízos que afetaram severamente as condições socioambientais: atualmente, tem-se buscado acentuadamente por modelos de desenvolvimento sustentáveis.

No setor agropecuário não tem sido diferente: tem-se buscado produzir de forma equilibrada junto ao agroecossistema onde a atividade está inserida. Nesse sentido, é extremamente importante identificar alguns fatores que limitam a sustentabilidade das unidades produtivas, principalmente daquelas que praticam estilos de agricultura sustentáveis.

A partir da identificação e avaliação desses fatores limitantes, é possível trabalhar para melhorar os índices de sustentabilidade dessas unidades produtivas. Naquelas que não se enquadram nessa condição, os fatores limitantes poderão ser diagnosticados e, posteriormente, realizado o planejamento da propriedade para que ocorra a sua recuperação e futura transição com a inserção de modos ou modelos sustentáveis de produção¹⁴.

Os problemas ambientais que vêm se espalhando por todo o mundo não são diferentes em nosso país: tanto nas pequenas, médias e grandes propriedades rurais. A poluição de corpos hídricos, o desmatamento, a degradação dos solos, o uso indiscriminado de agrotóxicos, deixam cada vez mais visível que é preciso de maneira emergencial mudar a forma de produzir alimentos e, principalmente, a forma de lidar com o ambiente em que se vivem (ETCHEZAR; BIORCHI, 2018; SOUZA, 2022).

O consumismo desenfreado e o crescimento econômico vêm comprometendo e conflitando com o meio ambiente, levando os ecossistemas a uma crise ambiental com perdas incomensuráveis e, em alguns aspectos, irreversíveis, pois já ocorrem notícias de desaparecimento de zonas de pesca, redução das superfícies cobertas por água, diminuição de áreas florestais, desrespeito às áreas de proteção e preservação ambiental (APA e APP), erosão do solo, desaparecimento de espécies, evidenciando a degradação das

¹⁴ “Modos de Produção Sustentáveis” são sistemas de produção que consistem principalmente no uso das boas práticas agrícolas na conservação e, ou, preservação dos ecossistemas e nos princípios associados aos modos de Produção Integrada e da Produção Biológica e a sua importância para a sustentabilidade da agricultura (SOUZA, 2022).

condições de vida em nosso planeta; ou seja, afetando o meio ambiente e desregulando os serviços ecossistêmicos, colocando em risco todas as formas de vida, inclusive a dos seres humanos (OLIVEIRA et al., 2016; SOUZA, 2022).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas protegidas pela Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), cobertas ou não por vegetação nativa; tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e garantir o bem-estar das populações humanas.

De acordo com Colonego et al. (2012) e Souza (2022), a cobertura vegetal nestas áreas de vegetação nativa possuem menor densidade devido aos elevados teores de matéria orgânica do solo (MOS) e a intensa atividade da biota edáfica que constroem canais, cavidades e galerias nas camadas mais superficiais do solo, além do sistema radicular diversificado, que é capaz de descompactar o solo em diferentes profundidades.

De acordo com Klein (2014), os altos teores de matéria orgânica encontrados no solo de mata nativa, proporcionam menor dispersão de argila, visto que há relação positiva entre o grau de floculação e os teores de MOS em função do efeito cimentante deste constituinte, que também afeta positivamente a agregação do solo.

Dessa forma, são atenuados os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo, também, para a regularização do fluxo hídrico, a redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, bem como benefícios para a fauna (COSTA; SOUZA; BRITES, 1996; BRASIL, 2012; SNIF, 2019).

Por essas questões, o planejamento de qualquer atividade agropecuária deve levar em conta o atendimento às legislações vigentes, bem como a experiência do agricultor, a disponibilidade de recursos financeiros e a adoção de práticas conservacionistas, que objetivam elevar a produtividade da terra ao seu nível ótimo de rendimento, em um sistema de exploração eficiente racional e intensivo, sem esgotá-la e destruí-la (EMBRAPA, 2015).

A tecnologia a ser aplicada para integrar o maior número possível de práticas e procedimentos conservacionistas, deve respeitar e promover a manutenção do equilíbrio ecológico em todos os níveis da propriedade, para que não sejam comprometido ou degradado quaisquer dos recursos naturais

renováveis, indispensáveis à sobrevivência de todos os organismos vivos (MOREIRA et al., 2007; EMBRAPA, 2015; SOUZA, 2022).

Dentre os elementos da natureza, o solo é considerado, acima de tudo, um recurso natural. A partir dele que todas as práticas agropecuárias se realizam, garantindo a sustentação básica das sociedades: tanto no quesito alimentar, quando no âmbito da produção de matérias-primas (NEVES et al., 2011; SOUZA, 2015).

A prática de conservação e recuperação deve manter o solo protegido por cobertura vegetal, controlada por roçadeira, em curva de nível, além de caixas secas quando necessário. Diversas estratégias de manejo podem ser adotadas para aumentar a sustentabilidade da produção, como o uso de recursos naturais renováveis, reciclagem de resíduos, adubação orgânica, controle biológico, consórcio e rotação de cultivo (GUERRA et al., 2021; MARTINUZZO et al., 2021).

Por isso, a exploração indiscriminada do solo pode ocasionar danos muito além dos ambientais, mas também em problemas de ordem econômica, o que justifica a necessidade de compreensão das diferentes técnicas de conservação que visem garantir uma relação de sustentabilidade.

Para garantir segurança e praticidade ao homem do campo é incentivado o uso de tecnologias que auxiliam nos trabalhos rurais, por exemplo, a utilização de *softwares* de geoprocessamento para mapear e estudar as propriedades. As tecnologias de mapeamento tiveram um grande salto com os avanços da informática nos anos da década de 1980, com o advento dos computadores pessoais que levaram a uma ampla difusão das técnicas de mapeamento digital e geoprocessamento (ROJAS; BARCELLOS; PEITER, 1999; MOREIRA et al., 2007).

Segundo Fitz (2018), as geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

Diante do exposto, objetivou-se no presente estudo diagnosticar o uso e a cobertura da terra de uma propriedade rural, no município de Caiana/MG, por

intermédio do mapeamento digital, bem como simular a implantação de práticas conservacionistas e a demarcação das APPs.

2. Metodologia

O estudo foi realizado no sítio Cachoeira Alegre, uma pequena propriedade rural de 7,3 ha, da Região das Matas de Minas (Figura 1), localizada no Córrego São Paulo, no município de Caiana, estado de Minas Gerais (latitude de 20°42'43,55"S e longitude de 41°51'52,62"W). O relevo do sítio apresenta altitude média de 790m e uma declividade média de 21%.

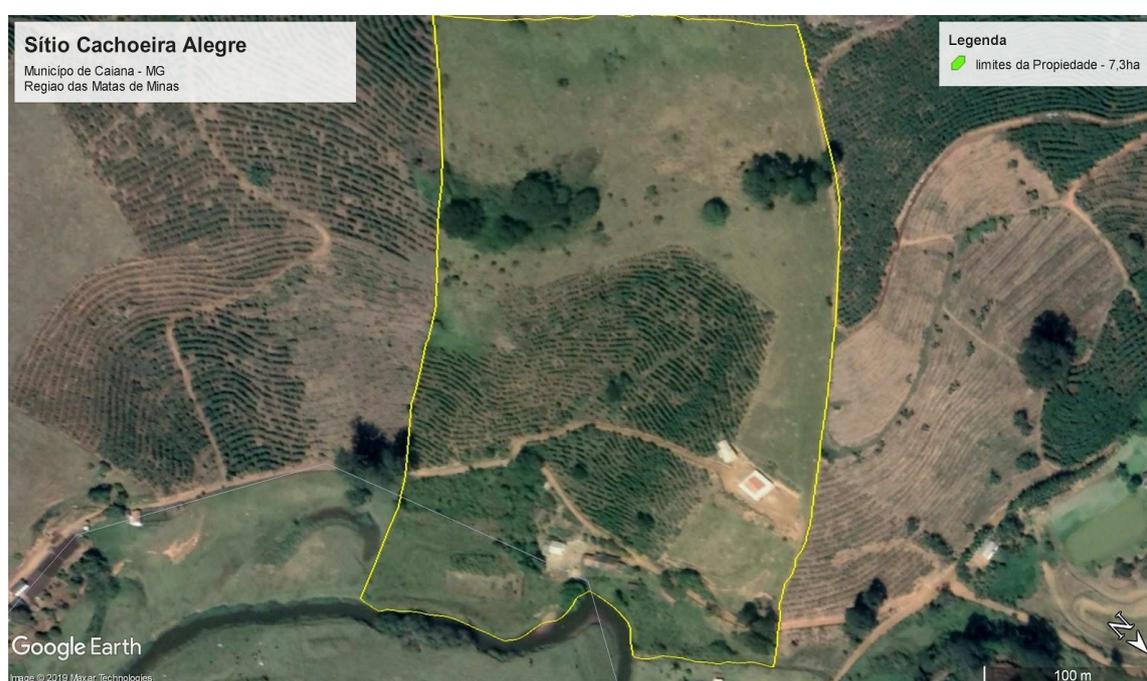


Figura 1. Imagem de satélite do sítio Cachoeira Alegre com a delimitação da propriedade. Fonte: *Google Earth* (2019), adaptado pelos autores.

O clima da região é classificado como Cwa subtropical úmido, conforme Köppen-Geiger, com precipitação média de 1.339,7mm anuais, e uma temperatura média anual é de 18,8°C, sendo a máxima de 25,9°C e a mínima de 12,4°C (SOUZA, 2007).

Para o levantamento das informações foi agendada e realizada uma visita à propriedade, obtendo-se os dados necessários, os quais foram georreferenciados com o auxílio de um receptor de *Global Positioning System*

(GPS), pré-configurado para o *datum World Geodetic System (WGS 84)* e para coordenadas projetadas *Universal Transversa de Mercator (UTM)*. O levantamento foi realizado no mês de maio de 2019. O dia estava limpo e com cobertura de nuvens inferior a 10%.

Na sequência, os arquivos foram descarregados e manipulados em aplicativo computacional livre *Google Earth PRO (GOOGLE EARTH, 2019)*, para diagnosticar o relevo e o uso e cobertura da terra da propriedade e elaborar propostas para simular o uso conservacionista do solo, além de promover a regularização em relação ao cumprimento das legislações de APPs (BRASIL, 2012).

3. Resultados e discussão

Na Figura 2 é apresentado o diagnóstico do uso da terra na propriedade, em que se observam, apenas: áreas de pastagem, plantio café (2,5 ha) e construções de alvenaria referente à moradia e ao beneficiamento de café. Os resultados demonstram o potencial do programa computacional *Google Earth* no mapeamento do uso e cobertura da terra, o que está de acordo com Aych e Cunha (2012) e Gomes, Bezerra de Araújo e Galvínio (2021).



Figura 2. Diagnóstico, APPs e práticas conservacionistas da propriedade. Fonte: *Google Earth* (2019), adaptado pelos autores.

Como sugestões, foram propostas: implantação de três (3) áreas de APPs com controle e isolamento; plantio de novas lavouras de café subdivida em quatro áreas, identificadas como T1, T2, T3 e T4; introdução de seis caixas secas entre os carregadores de acesso às lavouras; revestimento com condução de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) entre as linhas do cafeeiro.

Na APP 1, a declividade ultrapassa 50%; sendo assim, torna inviável o cultivo e, ou, a criação de gado. A APP 2 é um local com grande acúmulo de água e baixa drenagem, ambiente popularmente conhecido como “brejo”, o qual também não é indicado para fins de plantio. Dessa forma, tais fatores justificam a sugestão de inserção de APPs nestas áreas, que podem ser mais bem aproveitadas para essa finalidade, contribuindo para a conservação e preservação do ambiente.

A realização do diagnóstico da condição atual da propriedade indica uma subutilização do espaço físico, além de demonstrar inconformidades no atendimento à legislação vigente, uma vez que foi identificada a ausência de APPs (BRASIL, 2012).

Por intermédio do planejamento sugerido na Figura 2, é possível visualizar o aumento da área de produção agrícola com a inserção de novas áreas com lavouras de café. Para garantir a rastreabilidade da produção, é fundamental que o agricultor possua o mapa/esquema da propriedade, a identificação dos talhões nas lavouras e os registros dos lotes de café: desde a colheita, armazenamento e comercialização (SACHS et al., 2019; MARTINUZZO et al., 2021).

A diversidade de espécies cultivadas em uma propriedade familiar refletirá, principalmente, na segurança alimentar do produtor, na medida em que essa diversidade vai proporcionar a ingestão de diferentes elementos essenciais ao bom desenvolvimento do corpo humano. Também, confere aos agricultores familiares a oportunidade de renda durante todo o ano, pois estarão colhendo culturas em períodos diferenciados, diminuindo a sazonalidade e mantendo a renda com certa estabilidade durante o ano.

Ou seja, ao contrário dos monocultivos que concentram a renda em um período do ano e podem colocar em risco a vida financeira de uma família agricultora. Isso porque os cultivos não estão livres da incidência de eventos naturais, bem como aos ataques de pragas e doenças, fatores estes que podem

ocasionar a perda de toda a produção, deixando as famílias agricultoras com a situação financeira complicada.

O plantio de espécies leguminosas, por exemplo, contribui para a fixação biológica de nitrogênio, o que pode reduzir as entradas de insumos externos ao agroecossistema, aumentando a renda líquida da propriedade. Além disso, a maior diversificação de espécies em uma mesma área, tende-se a buscar o equilíbrio, amenizando os efeitos de climáticos, sanitários, edáficos e econômicos.

As hortaliças e os cultivos anuais, tais como aipim, feijão e milho, além de serem importantes na dieta alimentar da família, trazem retorno financeiro mais rápido, pois são culturas de ciclos curto e médio. Uma propriedade que busca a diversificação da produção deve incluir no seu planejamento produtivo culturas de ciclo curto, médio e de longo prazo: sempre haverá alguma cultura a colher.

A proposta, de acordo com a Figura 2, é a criação de três APPs; a construção de seis caixas secas estrategicamente posicionadas ao longo dos corredores de acesso a casa do proprietário; plantio novo de café subdividido em quatro talhões (podendo consorciar com as culturas sugeridas); cercamento como forma de preservação e proteção adequada ao redor da nascente e a recomposição da vegetação ciliar ao longo do curso d'água; plantio de espécies apropriadas dentro das áreas como prática de conservação; introdução de capim braquiária nas ruas do cafeeiro (NEVES et al., 2011; GALLO et al., 2016).

Segundo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), a propriedade rural deve apresentar a regularização da reserva legal e áreas de preservação permanente de acordo com a legislação ambiental. Para isso, deverá ser realizado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), registro eletrônico de âmbito nacional junto ao órgão ambiental competente.

O isolamento das APPs pode trazer uma série de benefícios ecossistêmicos ao ambiente, além de manutenção e aumento na produção de água, funcionar como corredor ecológico, contribuindo com a fauna local (SNIF, 2019; IDAF, 2022). De acordo com Schembergue et al. (2017); Neto, Alves e Schwartz (2022), a implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF) pode ser uma excelente opção para a recuperação dos solos, a diversificação do agroecossistema e de geração de renda estáveis.

A prática conservacionista de caixa seca permite a captação, o armazenamento e a infiltração de água, além de reduzir a velocidade de escoamento superficial e o surgimento de processos erosivos. Sabe-se que a disponibilidade de recursos hídricos na propriedade pode ser um fator limitante, o que refletirá diretamente na produção e na produtividade, caso o cultivo existente na propriedade seja dependente diretamente de irrigação.

Algumas tecnologias alternativas de captação de água contribuem principalmente em unidades produtivas que dispõem de pouca água. Dessa maneira, a captação e armazenamento de água da chuva, entre outras tecnologias, são muito importantes: garante um estoque de água que pode ser utilizado para irrigação e, em casos mais críticos de escassez, como irrigação de salvamento de uma cultura.

Como princípio fundamental do planejamento do uso das terras, destaca-se o maior aproveitamento das águas das chuvas ao evitar perdas excessivas por escoamento superficial, criando condições para que a água pluvial se infiltre no solo por meio das caixas secas, matas nativas ou reflorestadas, bem como outras práticas de conservação, garantindo o suprimento para as culturas, criações e comunidades (PIRES; OLIVEIRA; FERREIRA, 2015; SOUZA, 2015; GALLO et al., 2016).

A conservação dos solos tem sua importância em todos os sistemas de produção, mas principalmente nos estilos sustentáveis de agricultura. Nestes, são adotadas práticas sustentáveis de produção, visando a proteção contra a compactação do solo, processos erosivos, redução da fertilidade, entre outras práticas que irão refletir diretamente na produção e na rentabilidade da propriedade rural.

Contudo, segundo Oliveira et al. (2016), percebe-se que não é suficiente apenas buscar resolver as questões ambientais que tanto afetam e afligem a sociedade mundial. Paralelamente, deve ocorrer um processo global de mudanças que promoverão alterações, sobretudo, comportamental. Dessa maneira, será necessário alcançar outros meios para se atingir a sustentabilidade: não apenas aqueles relacionados às questões ambientais e econômicas, sendo fundamental considerar os aspectos éticos, culturais e sociais.

4. Considerações finais

A utilização do aplicativo computacional *Google Earth PRO* permitiu mostrar ao proprietário, de forma sintética, os usos e potencialidades de sua propriedade: no presente trabalho foi diagnosticado que a propriedade é subutilizada.

A elaboração do planejamento do uso da terra aumenta a área de cultivo, vislumbra a adoção de práticas conservacionistas que mantêm a conservação do solo e da água, bem como delimita as APPs em atendimento à legislação.

O “Desenvolvimento Sustentável” busca a possibilidade de caminharem juntos o desenvolvimento econômico, a preservação, e, ou, conservação da natureza e a justiça social via o fim da pobreza. Como consequência desses problemas ambientais, iniciou-se a busca por um modelo de desenvolvimento com significado simples de se entender, que seria a utilização dos recursos naturais renováveis, de forma controlada e planejada, para não os esgotar na sua totalidade.

O conhecimento e aprimoramento de técnicas mais sustentáveis nas atividades agropecuárias, como a produção de base agroecológica, são indispensáveis nos dias atuais. Diante da demanda mundial por alimentos de alta qualidade e tendências do mercado interno e externo por estes produtos, poderão agregar valor ao produto, gerando mais oportunidades e rentabilidade para os produtores.

Assim, esse tipo de estudo se mostrou uma ferramenta eficaz para atender aos levantamentos e planejamento de práticas conservacionistas em pequenas propriedades rurais, contribuindo com o aumento da renda, melhoria na qualidade de vida e fixação do homem no campo, promovendo efetivamente o Desenvolvimento Sustentável, onde as questões socioambientais se põem em contraponto ao mero crescimento econômico.

Ferramentas como essa, de fácil aplicação, são fundamentais para apoiar agricultores e subsidiar a formulação de políticas públicas para alcançar estilos de agricultura sustentáveis. É necessário que a sua utilização seja sistêmica: pode contribuir para formulação de políticas públicas nacionais, estaduais e municipais para o avanço da sustentabilidade na agricultura brasileira.

5. Referências bibliográficas

AYACH, L. R.; CUNHA, E. R. da. Utilização de imagens *Google Earth* para mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do córrego Indaiá, MS. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1801-1811, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 12 jun. 2020.

CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H. D.; TIRITAN, C. S.; CUNHA JÚNIOR, J. R. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012.

CARVALHO, C. H. S. de. **Cultivares de café**. EMBRAPA, 247 p. 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de café, primeiro levantamento/ janeiro 2019**. Brasília, p.1-77. 2019.

COSTA, T. C. da C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 129-135, 1996.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária. **Área de Preservação Permanente (APP)**. (2019). Disponível em:<<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária. **Planejamento de atividade agrícola**. (2015). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2700341/planejamento-da-atividade-rural-e-essencial>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

ETCHEZAR, J. W. M.; BIORCHI, B. C. Desenvolvimento sustentável: uma análise da perspectiva de garantia para gerações futuras. **Revista Digital Constituição e Garantias de Direito**, v. 11, n. 1, p. 142-146, 2018.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, 2018.

GALLO, A. de S. Indicadores da sustentabilidade rural de base familiar no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 11, n. 3, p. 104-114, 2016.

GOMES, V. P.; BEZERRA DE ARAÚJO, M. do S.; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças espaço-temporais no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pontal a partir de dados referenciais do *Google Earth Pro*. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 4148-4160, 2021.

GOOGLE EARTH. **Imagens históricas do município de Caiana/MG**, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

GUERRA, A. F.; SANTOS, J. F.; FERREIRA, L. T.; ROCHA, O. C. Cafés do Brasil: Pesquisa, sustentabilidade e inovação. **Tecnologias Poupa-Terra**, EMBRAPA, Brasília. p. 63-75. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**: Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf. Acesso em: 28 maio 2019.

IDAF - Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Legislação**. 2022. Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/legislacao-idaf>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. 3ª ed. Passo Fundo: UPF, 2014, 263 p.

MARTINUZZO, M. B.; ALIXANDRE, F. T.; KROHLING, C. A.; VERDIN FILHO, A. C.; SOUSA, D. G.; FORNAZIER, M. J.; GUARÇONI, R. C.; De MUNER, L. H. **Sistema para avaliação de indicadores de sustentabilidade da cafeicultura do Espírito Santo**. 2021. 14 p. (Incaper, Documentos, 283).

MENDES, A. N. G.; GUINARÃES, R. J. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. Lavras: UFLA. 99 p. 1998.

MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A.; FARIA, V. G. C. de; ADAMI, M. Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007.

NETO, M. M. A.; ALVES, L. F. N.; SCHWARTZ, G. Sistemas agroflorestais associados à regeneração natural: alternativas praticadas por agricultores familiares de Tomé-Açu, Pará. **Sustainability in Debate** - Brasília, v. 13, n.1, p. 299-312, 2022.

NEVES, S. M. A. da S.; MOTINHO, M. A.; NEVES, R. J.; SOARES, E. R. C. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 3, p. 423-433, 2011.

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, 2016.

PIRES, I. F.; OLIVEIRA, M. L. de; FERREIRA, E. P. Avaliação dos atributos físico-químicos dos sedimentos retidos em caixas secas. **Anais... 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, RJ. 2015.

ROJAS, L. I.; BARCELLOS, C.; PEITER, P. Utilização de mapas no campo da epidemiologia no Brasil. Brasília, **Informe Epidemiológico do Sus**, v. 8, n. 2, 1999. <http://dx.doi.org/10.5123/S0104-16731999000200004>

SACHS, J.; CORDES, K. Y.; RISING, J.; TOLEDANO, P.; MAENNLING, N. Sustentabilidade do café. In: **Garantindo a viabilidade econômica e sustentabilidade da produção de café**. p. 54-65. 2019. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=3660936>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. da; CARLOS, S. M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista de Economia Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 9-30, 2017.

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais. **Áreas de Preservação Permanente**. Serviço Florestal Brasileiro. (2019). Disponível em: <<https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conservacao-das-florestass/183-areas-de-preservacaopermanente>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

SOUZA, E. H. S. de. **Levantamento: Inventário de Proteção ao Acervo Cultural Sítios Naturais de Caiana-MG** (2007). Disponível em: <<https://www.caiana.mg.gov.br/index.php/arquivos/downloads/589-cachoeira-da-fumaca-1/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

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.

Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES

Priscila de Oliveira Nascimento, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Marlon Alves Peçanha da Silva, Márcio Menegussi Menon, Maria Amélia Bonfante da Silva, Otacílio José Passos Rangel, Renato Ribeiro Passos, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c10>

Resumo

A intensificação no uso dos recursos naturais tem causado modificações na dinâmica do solo, com reflexos em sua densidade, estrutura, porosidade, teor de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes. As atividades pecuárias têm grande importância na economia nacional, gerando emprego e renda substanciais; no entanto, ocupam extensas áreas e, em grande parte, degradadas e, ou, em processo de degradação. Apesar do avanço tecnológico com forrageiras de alta produtividade, bem como insumos e práticas de manejo que aumentam a produção, a degradação dos solos de pastagens ainda é um problema, principalmente devido à redução do estoque de carbono no solo, que afeta economicamente o pecuarista e traz danos ao meio ambiente. O fato é que o manejo inadequado de pastagens resulta em extensas áreas de pastagem degradadas, comprometendo a sustentabilidade da produção animal. Os principais fatores são a superlotação e o superpastejo, que diminuem o vigor das plantas, além de causarem a compactação do solo. A recuperação de pastagens degradadas impede a abertura de novas áreas, aumenta o sequestro de carbono, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Nos dias atuais, além da lógica ambiental, as propriedades rurais necessitam ser sustentáveis do ponto de vista econômico e social. Deve atender aos preceitos do desenvolvimento sustentável e manter constante o crescimento, gerando empregos e renda para a população local, evitando o êxodo rural e a falta de alimentos. O presente trabalho traz informações quanto às principais causas da degradação de pastagens e técnicas de recuperação da fertilidade do solo, bem como apresenta um Estudo de Caso acerca do município de Atílio Vivácqua, ES.

Palavras-chave: Solo. Recuperação. Sistemas integrados. Manejo agroecológico. Produção.

1. Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de carne e possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo (MAMEDE et al., 2012). Com um rebanho de 218,2 milhões de cabeças, em 2020 bateu recorde em exportação de carne e de produção de leite (IBGE, 2020).

O sistema de manejo predominante é o extensivo; ou seja, a criação do gado se dá predominantemente a pasto. Esta característica importante da pecuária brasileira se constitui numa forma mais econômica de prática alimentar do rebanho: por isso, tem um dos menores custos de produção de carne no mundo (DIAS-FILHO, 2014).

Contudo, diversos impactos vêm surgindo a partir de práticas inadequadas desenvolvidas por essa atividade. O pisoteio animal pode compactar a superfície do solo, resultando no aumento de sua densidade (GOMES; SANTOS; GUARIZ, 2019). Assim, de acordo com Benazzi e Leite (2021), as pastagens quando mal planejadas e manejadas com práticas convencionais, trazem riscos ao meio ambiente, como o aumento do desmatamento, mudanças nos ciclos do carbono e da água, erosão, perda da biodiversidade terrestre, degradação do solo e, por consequência, declínio na produtividade pecuária, colocando em risco a segurança alimentar da população mundial.

Nos dias atuais, no Brasil, há cerca de 180 milhões de hectares com pastagens, dos quais 50% estão em avançado processo de degradação (BENDITO et al., 2017; SILVA et al., 2020; RODRIGUES; FERREIRA; CORDEIRO, 2021). Por ser desenvolvida predominantemente de forma extensiva, a degradação de pastagens tem sido um grande desafio para a pecuária brasileira, causando prejuízos econômicos, sociais e ambientais, comprometendo a sustentabilidade da produção animal (SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020).

Sabe-se que o solo é um recurso natural essencial para o funcionamento dos ecossistemas, sendo a qualidade do mesmo um atributo fundamental para o desenvolvimento das espécies que nele habitam, assim como para a manutenção sustentável das culturas e, conseqüentemente, para a garantia de alimentos para a população global (SILVA et al., 2021). Entretanto, comumente,

observam-se extensas áreas de solos expostos com indicativos de degradação: grande parte destas áreas corresponde a pastagens mal manejadas.

De acordo com Primavesi (2019), a qualidade do solo está relacionada à boa estrutura física, elevada porcentagem de nutrientes, diversidade de microrganismos e considerável teor de matéria orgânica do solo (MOS), que exerce importantes funções no sistema edáfico. Nessa esfera, a qualidade do solo é observada pela interação de seus atributos físicos, químicos e biológicos, sendo a MOS um componente de grande importância na dinâmica dos ecossistemas.

No entanto, historicamente, no Brasil, as áreas destinadas ao cultivo de pastagens são áreas marginais, de baixo potencial agrícola e de difícil acesso. Devido a esse fato, a atividade pecuária desenvolvida a pasto é pioneira em ocupação de terra, com ocupação de extensas áreas em face de seu baixo custo (DIAS-FILHO, 2014).

Estas características colaboraram para o baixo investimento em tecnologias no manejo de pastagens, como a exploração das pastagens de forma extrativista. Conseqüentemente, a ocorrência de grandes áreas de pastagens degradadas aumentou, juntamente com uma rotulação da pecuária desenvolvida a pasto como improdutivo e prejudicial ao meio ambiente (DIAS-FILHO, 2014; VILELA et al., 2017).

Estima-se que a área de pastagem em algum grau de degradação seja maior que 70% das áreas de pastagens cultivadas no país, sendo boa parte dela em estágios avançados de degradação (ZIMMER et al., 2012). Segundo a EMBRAPA (2014), o manejo convencional das atividades pecuárias tem deixado um reflexo de degradação muito extenso. Assim, com o aumento da degradação de pastagens, surge a necessidade de implantação de novas técnicas de recuperação do solo, alinhado à continuidade da atividade pecuária.

As práticas de manejo inadequadas das pastagens, tais como o superpastejo, a superlotação e a não reposição de nutrientes, causa drástica alteração nos atributos físicos do solo, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular das forrageiras. A compactação do solo diminui a sua porosidade, criando condições desfavoráveis à difusão de oxigênio, a drenagem da água pluvial na superfície, a redução da recarga dos aquíferos e a conseqüente redução do desenvolvimento das plantas: pode ocorrer o aumento

da resistência do solo ao crescimento radicular, tornando a planta mais susceptível a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais do solo (FERREIRA; FILHO; FERREIRA, 2010; BONFIM-SILVA et al., 2013; SOUZA, 2015; 2018).

O fato é que o modelo de desenvolvimento da sociedade moderna trouxe consigo uma série de processos e impactos ambientais: atualmente, tem-se buscado incansavelmente um modelo de desenvolvimento mais sustentável. No setor agropecuário não tem sido diferente. Nesse sentido, é extremamente importante identificar alguns fatores que limitam a sustentabilidade das unidades produtivas, principalmente daquelas que praticam estilos de agricultura sustentáveis e, ou, estejam interessados na busca por nichos de mercados diferenciados.

Em função da elevação crescente dos processos e impactos causados ao meio ambiente pelo setor do agronegócio, e para atender a nova ordem mundial relativa aos aspectos ambientais, surgiu o “Plano de Agricultura Sustentável” visando o aumento da área de florestas plantadas; a recuperação de pastagens em estado de degradação; o aumento dos sistemas integrados de produção integração Lavoura-Pecuária-Floresta e a fixação biológica de nitrogênio. Estima-se que para a implantação dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta sejam necessários 35 milhões de hectares até 2030 (RODRIGUES; FERREIRA; CORDEIRO, 2021).

Dessa forma, a recuperação das áreas degradadas de pastagens surge como grande potencial para aumentar a produtividade da atividade pecuária no país. Assim, como práticas conservacionistas de recuperação, têm-se terraços, APPs, barragens, barraginhas, consórcio com leguminosas, arborização, reposição dos nutrientes, entre outros.

Objetiva-se, neste estudo, apresentar técnicas conservacionistas de recuperação de pastagens e buscar estratégias para aumentar a produtividade da pecuária.

2. Sistema de criação

A pecuária desenvolvida a pasto é predominante no Brasil. As gramíneas forrageiras mais cultivadas são africanas e pertencem, em sua maioria, aos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*. Nos anos da década de 1990, havia

o predomínio da *Brachiaria decumbens*; porém, na última década, esta gramínea foi intensamente substituída pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e pelas cultivares de *Panicum maximum*, Tanzânia e Mombaça. Tal fato se dá principalmente pela maior resistência à cigarrinha-das-pastagens e por proporcionar melhor desempenho animal (MACEDO; ARAÚJO, 2019).

O manejo indevido destas áreas de pastagens contribui para processos erosivos causando grande impacto sobre a paisagem. Com os animais criados a pastos, tem-se redução dos custos de produção: porém, gera superpastejo - isso intensifica os processos erosivos causando degradação ambiental (Figura 1).



Figura 1. Área de pastagem degradada no município de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

O sistema extensivo é o regime alimentar exclusivo de pastagem. Conforme a Embrapa (2022), representa em torno de 80% dos sistemas produtivos de carne bovina brasileira, englobando as atividades de cria a engorda.

De acordo com os dados da “United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division” (2021), até 2050, a população global será de aproximadamente 9,6 bilhões de indivíduos. No ano de 2020, o Brasil se

posicionou como o segundo maior criador de bovinos no *ranking* mundial, considerado o maior rebanho comercial do mundo (EMBRAPA, 2022).

Com a grande expansão da atividade pecuária e lotação das pastagens, o desafio será alimentar o planeta e preservar os recursos naturais. Para atender um mercado consumista e exigente, a pressão sobre o uso das pastagens intensificou nos últimos anos (Figura 2).

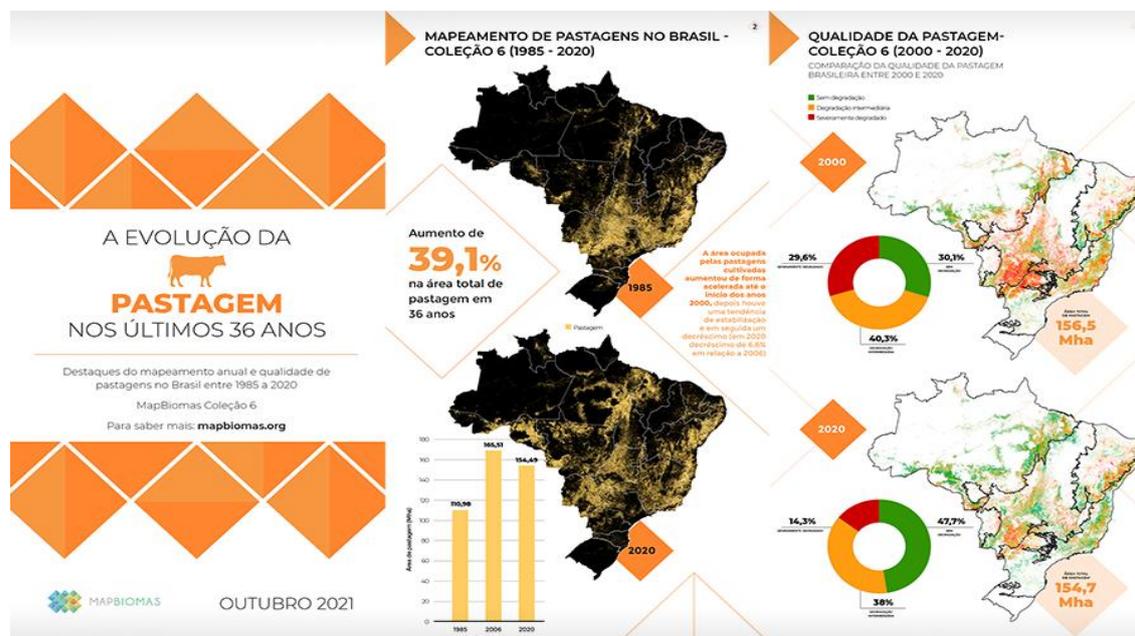


Figura 2. Análise das imagens de satélite entre 1985 e 2020 permite avaliar a qualidade das pastagens brasileiras e constatar uma queda nas áreas com sinais de degradação de 70% em 2000 para 53% em 2020. Fonte: Map Biomias (2021).

Fatores como os baixos investimentos e o excesso de lotação animal desencadeiam a degradação dos sistemas de pastagens. Este manejo incorreto traz como consequência baixas produtividades e tem tornado a pastagem extensiva insustentável, devido ao aumento do custo para recuperação da mesma, preço da terra e, em especial, exigências ambientais (ROSCOE, 2019).

3. Causas da degradação

De acordo com Dias-Filho (2014) não existem estatísticas oficiais que quantifiquem o montante das áreas de pastagens degradadas no Brasil, posto que definir o que seria uma pastagem degradada é bastante complexo.

Entretanto, alguns autores sugerem de 50 a 70% da área total, com algum indicio de degradação.

As principais causas são as práticas de manejo do pasto inadequadas. Também, a ausência de adubações periódicas, as falhas no estabelecimento da pastagem, a escolha incorreta da forrageira; além dos problemas bióticos, como o ataque de insetos-praga e, mais recentemente, a síndrome da morte do capim-marandu, na região Norte (DIAS-FILHO, 2014).

Para Vilela et al. (2017), as causas mais importantes da degradação de pastagens são: a escolha incorreta da espécie ou cultivar forrageira para uma determinada situação de manejo; clima ou fertilidade do solo onde serão implantadas; a má formação inicial; a falta de adubação de manutenção; e o manejo inadequado da pastagem. Segundo Zimmer et al. (2012), as principais causas de degradação das pastagens no Brasil são: o excesso de lotação e a falta de reposição de nutrientes. Entretanto, os demais fatores também são relevantes e contribuem conjuntamente para a degradação.

A degradação das pastagens é um processo evolutivo que se inicia com a perda de produtividade e culmina na degradação do solo, com a perda da qualidade química, física e biológica do mesmo (ZIMMER et al., 2012; MACEDO; ARAÚJO, 2019). De acordo com Stefanoski et al. (2013), o uso do solo sob manejo convencional e pastagem sem manejo adequado, acarreta no aumento da densidade do solo (Ds) e, conseqüente, diminuição da porosidade total (Pt); enquanto em áreas não antropizadas, como é observado em solo de mata nativa, o incremento de MOS exerce efeito contrário.

Para Wendling et al. (2012), aportes de resíduos culturais e maior atividade biológica favorecem a formação e manutenção de poros com diâmetros maiores. Klein (2014) assegura que os altos teores de matéria orgânica encontrados no solo de mata nativa proporcionam menor dispersão de argila, visto que há relação positiva entre o grau de flocculação e os teores de MOS em função do efeito cimentante deste constituinte, que também afeta positivamente a agregação do solo.

A redução da produtividade da forragem somada à baixa qualidade, mesmo nas épocas favoráveis ao seu crescimento, indica que esta pastagem está em processo de degradação. Outras características são a diminuição na área coberta do solo pela pastagem e o pequeno número de plantas novas,

provenientes da ressemeadura natural, além do aparecimento de espécies invasoras, pragas e processos erosivos pela ação das chuvas (Figura 3) (VILELA et al., 2017).



Figura 3. Pastagem em avançado estágio de degradação com avanço de espécies invasoras. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

O manejo inadequado da pastagem com a superlotação e o superpastejo da forrageira prejudica a rebrota: o pastejo intenso, superior à capacidade de produção da forrageira, exaure suas reservas e aumenta o seu período de recuperação (VILELA et al., 2017; MACEDO; ARAÚJO, 2019).

Taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio causam a compactação do solo, com mudanças na sua estrutura, acarretando o aumento da densidade do solo (Ds) e a redução da sua porosidade. As consequências desta alteração são o menor desenvolvimento do sistema radicular, devido à maior resistência à penetração; também, aumento de processos erosivos e menor capacidade de retenção de umidade (VILELA et al., 2017; ALMEIDA et al., 2021).

Distante prática, ainda comum e prejudicial ao solo, é a queimada em pastagens para eliminação de plantas daninhas. A prática do fogo causa a imediata perda de grande quantidade dos nutrientes contidos na biomassa vegetal pela volatilização, afetando os microrganismos do solo e eliminando

inimigos naturais das pragas que acometem as pastagens. O solo exposto fica mais suscetível a erosão e lixiviação de nutrientes (VILELA et al., 2017).

Dias-Filho (2014) diz que estas condições podem ser denominadas como “degradação agrícola” e “degradação biológica”. Na degradação agrícola, há um aumento na proporção de plantas daninhas na pastagem, diminuindo gradualmente a capacidade de suporte. Na degradação biológica, o solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, levando à substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade do solo, ou simplesmente ao aparecimento de áreas desprovidas de vegetação (solo descoberto) (DIAS-FILHO, 2014).

A baixa produtividade das áreas de pastagens degradadas representa um desperdício de recursos naturais e aumentam as emissões de gases de efeito estufa (GEE) nesses sistemas de produção. Assim, a recuperação destas áreas implica na diminuição destes gases (Figura 4) (BUNGENSTAB, 2012).



Figura 4. Área de pastagem degradada com baixa produtividade no município de Mimoso do Sul, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2022).

O fato é que o pastejo animal tem potencial para compactar o solo em até duas vezes que em áreas não pastoreadas (DIAS; THOMAS, 2011) - os danos podem ser observados por mais de 10 anos após o abandono da pastagem

(FAO, 2015). Contudo, a adoção de sistemas de manejo agroecológicos (SMA), com o passar do tempo, a diversidade de ciclos e de espécies existentes, pode contribuir para a descompactação e melhorar a macroporosidade do solo, principalmente em superfície (DEBIASI et al., 2010).

Os casos mais simples de degradação podem ser resolvidos com manejo correto do pastejo e lotação animal adequado (SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020). De acordo com Terra et al. (2019), a escolha da técnica de recuperação de pastagens mais adequada depende do estágio de degradação. Para esses mesmos autores, a recuperação ou renovação pode ser realizada de forma direta ou indireta:

a) métodos diretos: são utilizados quando as pastagens estão em grau inicial de degradação - as técnicas consistem na utilização de práticas mecânicas e químicas;

b) técnicas indiretas: podem ser utilizadas em pastagens com graus elevados de degradação - consistem em consorciar a pastagem com outras culturas, de modo a viabilizar economicamente a sua recuperação.

Há de se considerar que o solo é considerado a base produtiva dos ecossistemas, sendo que o uso de práticas conservacionistas do solo tem com o objetivo de maximizar a atividade biológica e o aporte de matéria orgânica para, então, manter a qualidade do solo ao longo dos anos (SOUZA, 2022). De acordo com Souza (2015), em casos mais específicos, podem ser necessárias práticas mais eficientes de melhoria das características físico-químicas do solo, como a descompactação, calagem e adubações de estabelecimento e manutenção, bem como práticas mecânicas nas áreas de pastagens.

De acordo com Bünemann et al. (2018), a qualidade do solo se refere à sua capacidade de funcionar dentro de um ecossistema natural ou manejado, a fim de garantir o bom crescimento de plantas e animais, que resultarão no aumento da produtividade agropecuária. Neste contexto, o manejo agroecológico do solo surge como uma forma mais sustentável de uso da terra, principalmente por seguir princípios ecológicos que buscam conservar os recursos naturais.

Esses princípios norteiam as estratégias de cada sistema de produção, sendo escolhidas por meio de um conjunto de práticas integradas de manejo do

solo, da planta e da água, considerando as características da propriedade, o objetivo do cultivo e o perfil do agricultor (HÖRBE; MINELLA; LONDERO, 2020).

Outros princípios também são observados quando se busca manter os recursos naturais por intermédio de práticas conservacionistas do solo. Dentre eles, destacam-se: fazer o uso do solo de acordo com a sua capacidade; preservar nascentes e cursos d'água; fazer o mínimo revolvimento do solo; manter a cobertura vegetal; entre outros. No município de Atílio Vivácqua, ES, práticas com essas características vêm sendo executadas!

4. Como recuperar? Estudo de Caso: município de Atílio Vivácqua, ES

O Estado do Espírito Santo possui 18,1% da sua área agrícola com pastagens degradadas, sendo o manejo inadequado o principal fator responsável (BURAK et al., 2021). Segundo Macedo e Araújo (2019), a degradação das pastagens é o fator mais importante, na atualidade, que compromete a sustentabilidade da produção animal, sendo um processo dinâmico de queda relativa da produtividade.

No entanto, a área degradada, seja por qual motivo for, poderá voltar a ser uma área coberta por vegetação: a recuperação não se dá de imediato, pois necessita de técnicas adequadas por intermédio da intervenção humana.

O Ministério do Meio Ambiente, por meio da Instrução Normativa nº 5/2009, define área degradada como uma área onde a vegetação, flora, fauna e, ou, solo foram total ou parcialmente destruídos, removidos e expulsos, tendo alterados sua capacidade produtiva e qualitativa (MMA, 2009).

Outros autores, tais com Carpanezzi et al. (1990); IBAMA (1990); e Souza (2004; 2018), definem área degradada ou ecossistema degradado, como aquele que, após distúrbio, teve: a) eliminados juntamente com a vegetação nativa, os seus meios de regeneração biótica como banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e órgãos ou partes que possibilitem a rebrota, inclusive com a perda da camada fértil do solo; b) a fauna destruída, removida ou expulsa; e c) a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico alterados.

Para o IBAMA (2011), de forma simplificada e objetiva, área degradada é um local que sofreu alterações, não tendo mais condições de se recuperar sozinha. Nesse sentido, surgem as técnicas de recuperação para as áreas que

sofreram algum tipo de degradação: a análise de solo é fundamental para a identificação desse nível de degradação.

As práticas conservacionistas objetivam minimizar os processos erosivos, permitindo que haja manutenção da cobertura de solo e criação de terraços (WADT, 2003). Sendo que em sistemas de pastagens o consórcio de leguminosas, gramíneas melhora a qualidade da forragem dos pastos possibilitando melhor nutrição aos animais. Adoção de forrageiras que sejam resistentes a doenças, melhora a qualidade de a disposição alimentar.

A falta de manejo implica na presença de pragas e doenças sobre as pastagens e os próprios animais, logo técnicas seguras e o uso de produtos adequados são necessários. Nos sistemas de ILPF, recomenda-se a utilização das gramíneas de ciclo anual, tais como: milho, aveia e sorgo (SVERSUTTI; YADA, 2019). O manejo da área é importante, para que as forrageiras possam conseguir sobreviver à intensificação do pisoteio e consumo por parte dos animais.

A escolha da gramínea a ser introduzida, bem como as espécies que compõem o sistema ILPF, é de extrema importância, posto que a influência do sistema radicular é perceptível em diversos sistemas: é capaz de formar agregados, aumentar porosidade, descompactar e diminuir a densidade do solo. De acordo com Klein (2014), solos bem estruturados, ricos em MOS afetam diretamente a formação e estabilidade dos agregados, facilitando a movimentação de água e o crescimento de raízes, além de diminuir a dispersão de argila e o risco de erosão.

As pastagens demandam por um manejo correto, pois isso implica na qualidade direta do animal que ali se encontra. Nesse sentido, surgem as práticas conservacionistas, que irão permitir que esse manejo seja proporcionado a pastagem, trazendo bem-estar aos animais e qualidade ambiental, pois haverá equilíbrio.

De acordo com Terra et al. (2019), práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis. Por outro lado, de acordo com Macedo e Araújo (2019), resultados observados em diversas pesquisas para porosidade total e macroporosidade indicam que os sistemas de

manejo agroecológicos, independente do tempo de implantação, condicionaram melhorias na qualidade física do solo.

São exemplos de práticas conservacionistas: terraços, APP, barragens, barraginhas, cochinhos, consórcio com leguminosas, arborização, reposição dos nutrientes. As técnicas a serem implementadas dentro da propriedade, dependem da escolha correta do lugar, pois no caso das barraginhas devem-se evitar as encostas de serras e grotas (BARROS, 2015).

Na Figura 5 é possível verificar a construção de barraginhas em sequência, em área de pastagem em estágio intermediário de degradação ambiental.



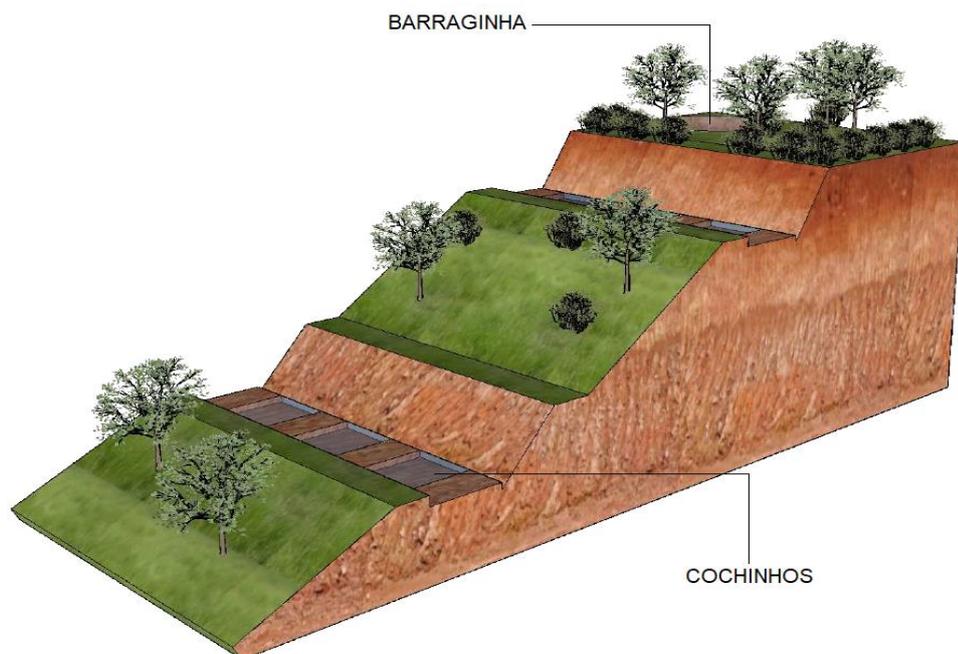
Figura 5. Barraginhas em sequência em área de pastagem - Atílio Vivácqua, ES.
Fonte: Acervo Marlon Peçanha (2020).

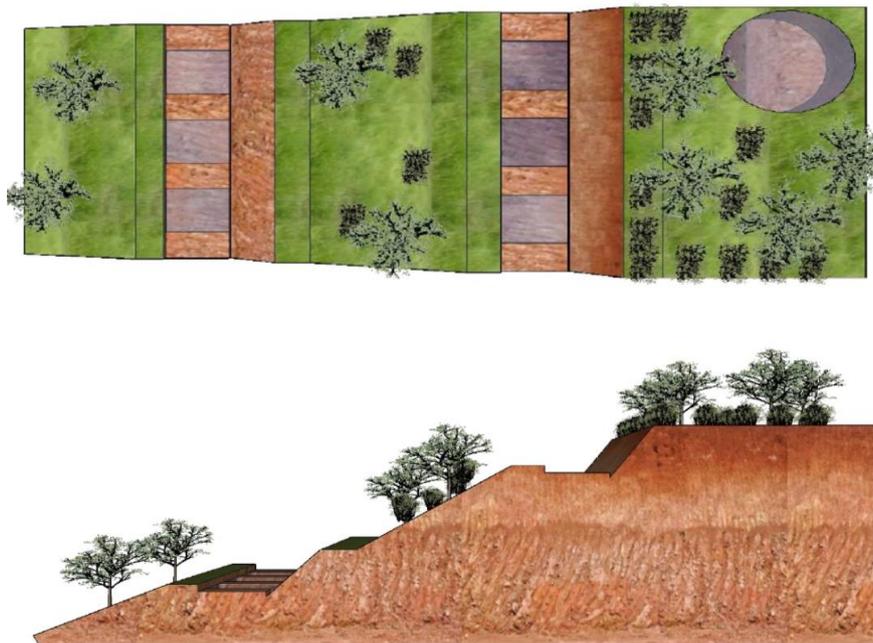
Geralmente, em recuperação de pastagens, há integração de barraginhas seguidas de cochinhos, que são cortes horizontais que minimizam as correntezas que as chuvas causam, evitando erosão (Figura 6). As vantagens desta conexão são inúmeras, posto que reduzem a erosão e o assoreamento e amenizam os picos de cheias que provocam as enchentes. Ao “colher” a água da chuva, elas proporcionam condições para que a água nelas represada se infiltre no solo, percolano e atingindo o lençol freático.



Figura 6. Cochinho em área de pastagens - Atílio Vivacqua, ES. Fonte: Acervo Marlon Peçanha (2020).

Depois que a água se infiltra por completo, o lençol freático tem o seu volume aumentado, favorecendo inclusive o solo ao seu redor, aumentando a produtividade e melhorando a sua fertilidade, umedecendo as baixadas, proporcionando uma pecuária mais sustentável (BARROS; RIBEIRO, 2009). Para que fique nítida a integração das barraginhas e cochinhos, as Figuras 7 e 8 exemplificam.





Figuras 7 e 8. Croqui da integração de barraginha e cochinhos executadas em áreas de pastagens - Atílio Vivácqua/ES. Fonte: Machado et al., 2022.

O comportamento mecânico do solo, entre outros fatores, pode ser influenciado pela sua umidade, que varia amplamente em função do sistema de manejo, tipo de vegetação, precipitação e época do ano. De acordo com Molina Junior (2017) e Adams et al. (2018), solos com maiores umidades tendem a apresentar menor resistência a penetração do que solos mais secos. Ou seja, ocorrerá menor perda de água por escoamento superficial, com redução das perdas de solo por erosão e menor assoreamento dos corpos hídricos, em função da maior facilidade de infiltração da água no solo (Figura 9).

A resistência do solo à penetração (RP) é um dos atributos físicos mais utilizados como indicativos de compactação do solo. De acordo com Valadão et al. (2015), a compactação do solo é caracterizada pelo aumento de sua densidade e pelos elevados valores de RP, que promovem redução na distribuição e no tamanho de poros e prejudicam a infiltração de água, difusão dos gases e disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Neste século, um dos maiores desafios é a busca pelo desenvolvimento sustentável com benefícios imediatos às questões sociais, em contraponto ao mero crescimento econômico. No meio ambiente existem recursos renováveis e não renováveis: de acordo com a sua utilização, podem ser extintos da natureza

ou degradados. Nesse sentido, é bastante importante se observar a grandiosidade e complexidade da palavra desenvolvimento.



Figura 9. Barraginhas e cochinchos em consórcio implementados e exercendo sua função em área de pastagens - Atílio Vivácqua/ES. Fonte: Acervo Marlon Peçanha (2020).

Dentre vários significados, destacam-se evolução e crescimento: daí a dificuldade enfrentada pelos meios científicos e tecnológicos em saber dosar ou equilibrar os fatores que influenciam principalmente na defesa da vida, numa perspectiva planetária, utilizando os recursos sem comprometer sua disponibilidade para as gerações futuras (ETCHEZAR; BIORCHI, 2018).

5. Considerações finais

A degradação de pastagens é resultante do manejo inadequado e das ações antrópicas que afetam os fatores abióticos e bióticos do solo, produzindo alterações em sua estrutura, que podem levar a reduções drásticas na produção, comprometendo a produtividade e a qualidade da pastagem. É um problema que atinge todo o país, tendo como consequência a redução da produção em quantidade e a perda de qualidade.

Assim, o uso de técnicas para a recuperação de pastagens é fundamental para aumentar o aproveitamento da área, recuperar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e viabilizar a produção de proteína animal, devido ao aumento da capacidade de suporte da pastagem.

Técnicas conservacionistas são capazes de manter a produção e fomentar a sustentabilidade das pastagens. É possível produzir, conservar, preservar e manter a produção sustentável. As técnicas conservacionistas e agroecológicas são mecanismos que possibilitam a recuperação de áreas degradadas, promovendo o equilíbrio ambiental alinhado à sustentabilidade. Há de se considerar que a recuperação destas áreas impede novos desmatamentos, conservando, e, ou, preservando a fauna e a flora, tornando possível o aumento da produção sem a expansão de novas áreas de pastagem.

Considerando que a agropecuária brasileira possui diversos sistemas de produção, regiões com relevos distintos, tamanho variado de propriedades e diferentes tecnologias adotadas, é fundamental ter padrões e informações tecnológicas que se adaptem às várias condições, testadas e aprovadas em campo e resguardados pela pesquisa. O uso de tecnologias adequadas torna a atividade competitiva e sustentável, além de garantir a oferta de produtos de qualidade aos consumidores e, como consequência, a geração de melhores condições de vida para os produtores rurais.

Técnicas como os cochinhos e as barraginhas contribuem com a estabilização das bacias hidrográficas, diminuindo a velocidade de escoamento da água superficial, favorecendo a sua infiltração no solo, consequentemente abastecendo os lençóis freáticos. Diminuem os custos com recuperação de matas ciliares, fragmentos florestais e são altamente adaptáveis por pequenos produtores e populações tradicionais.

Considerando que a pecuária exerce um papel de significativa importância para a economia brasileira, faz-se necessário que a intensificação na produção em regime de pastagem seja baseada pelo uso eficiente dos recursos ambientais e financeiros.

Há de se considerar como agravante os efeitos das mudanças climáticas, que vem afetando o ciclo hidrológico e o regime hídrico, bem como a necessidade premente do desenvolvimento econômico e social dos produtores rurais. Particularmente, as pequenas propriedades da agricultura familiar,

fundamental para a geração de negócios agropecuários e para o desenvolvimento regional. Para a sustentabilidade dessas propriedades, é fundamental desenvolver as pastagens em solo com boas condições físicas e estruturais.

Solo como boa condição de arejamento para melhor desenvolvimento do sistema radicular, preparar o solo usando a subsolagem em solos compactados, proceder a correção do solo, adubação completa e balanceada em nutrientes e, se possível, usar um processo ou técnica de aplicação ou incorporação de matéria orgânica, bem como o uso de cultivares mais produtivas e resistentes, assim como o uso de práticas conservacionistas das barraginhas e cochinhos, são estratégias para o aumento da produtividade de forma economicamente sustentável e ecologicamente equilibrada.

6. Referências bibliográficas

ADAMS, T.; BRYE, K. R.; PURCELL, L.; ROSS, W. J.; GBUR, E. E.; SAVIN, M. Soil property differences among high-and average-yielding soya bean areas in Arkansas, USA. **Soil Use and Management**, v. 34, p. 72-84, 2018.

ALMEIDA, M. de S. Soil compaction and the effects on initial corn growth. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 2, n. 19, p. 95-100, set. 2021.

BARROS, L. C. de. **Apresentação do projeto barraginhas**. Embrapa milho e sorgo. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1035770/apresentacao-do-projeto-barraginha>. Acesso em: 12 dez. 2022.

BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 49p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-agua-de-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2023.

BENAZZI, E.; LEITE, L. F. C. Retrospectiva, caracterização e conservação do solo na região Nordeste do Brasil. In: SOUZA, H. A.; LEITE, L. F.; MEDEIROS, J. C. (ed.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Brasília: EMBRAPA, 2021. parte I, p. 25-54.

BENDITO, B. C.; SOUZA, P. A. de; PEREIRA, M. A.; GONÇALVES, D. S. Diagnóstico ambiental e proposição de uso de SAF para área de pastagem degradada. **Geoambiente On-Line**, v. 29, p. 148-163, 2017.

BONFIM-SILVA, E. M; ANICÉSIO, E. C. A; SILVA, T. J. A. Características morfológicas de cultivares de trigo submetidas à compactação do solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 559-569, 2013.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. de; GOED, R. de; FLESKENS, L.; GEISEN, V.; KUYPER, P. M.; PULLEMAN, M.; SUKKEKEL, W.; GROENIGEN, J. W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality - a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.

BUNGENSTAB, D. J. A posição estratégica dos sistemas de integração no contexto da agropecuária e do meio ambiente. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. Cap. 16. p. 217-226.

BURAK, D. L.; MENDONÇA, E. S.; PEÇANHA, A. L.; VALENTIM, S. B.; PRAÇA, N. M. P.; JÚNIOR, J. L. F.; THIENGO, C. C.; OLIVEIRA, D. M.; ROCHA, L. O.; OLIVARES, F. L. Insumos biológicos na recuperação de pastagens degradadas da região sul do Estado do Espírito Santo. **Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias**. 1.ed., vol. 1, p. 304-326, 2021.

CARPANEZZI, A. A. et al. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação em laboratórios naturais. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990. Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 216-221

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, A. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DIAS, W. A.; THOMAS, E. L. Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em Sistema de faxinal. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 23-35, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.

EMBRAPA. **Diagnóstico estratégico da cadeia produtiva da carne bovina para o estado de Goiás**. Embrapa Gado de Corte Campo Grande, MS. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1148845/1/diagnostico-estrategico-cadeia-2022.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

ETCHEZAR, J. W. M.; BIORCHI, B. C. Desenvolvimento sustentável: uma análise da perspectiva de garantia para gerações futuras. **Revista Digital Constituição e Garantias de Direito**, v. 11, n. 1, p. 142-146, 2018.

FAO - Food and agriculture organization of the united nations. Intergovernmental technical panel on soils. **Status on the World's Soil Resources: Main Report**. Roma, Itália, 2015. 650 p. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges**, 243 p. 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3720e/i3720e.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2022.

FERREIRA, R. R. M.; FILHO, J. T.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

GOMES, F. S. de; SANTOS, R. A. dos.; GUARIZ, H. R. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em Latossolos Amarelo. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, p. 79, 2019.

HÖRBE, T. de A. N.; MINELLA, J. P. G.; LONDERO, A. L. Manejo da água e erosão do solo. In: BONETTI, J. de A.; FINK, J. R. (org.). **Manejo e conservação da água e do solo**. Lavras: UFLA, 2020. 151p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro. v. 48, p.1-12, 2020. ISSN 0101-4234.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. 3ª ed. Passo Fundo: UPF, 2014, 263 p.

MACEDO, M. C. M; ARAÚJO, A. R. **ILPF**: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa. p 296-317, 2019. 835 p.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; FERREIRA JUNIOR, J. L. L.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; MARTINS, L. D. Métodos teórico-prático de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude/Theoretic-practical methods of soil conservation and the regulation of superficial runoff in regions of altitudinal transition. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 21712-21730, 2022.

MAMEDE, R. R.; BUNGENSTAB, D.; BISCOLA, P.; CARROMEU, C.; SERRA, A. Empreendedorismo para a sustentabilidade em sistemas de integração lavoura-pecuária- floresta. In: BUNGENSTAB, D. J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Brasília: Embrapa, cap. 3., p. 19-25, 2012.

MOLINA JUNIOR, W. F. **Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas**. Piracicaba: ESALQ, 2017. 223 p.

PRIMAVESI, A. M. Agricultura ecológica. **Revista Attalea Agronegócios**, n. 148, p. 60-61, 2019.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Coleção 7. Disponível em: <https://mapbiomas.org/pastagens-brasileiras-ocupam-area-equivalente-a-todo-o-estado-do-amazonas#2020>. Acesso em: 13 dez. 2022.

RODRIGUES, R. de A. R.; FERREIRA, I. G. M.; CORDEIRO, F. R. Carbon market potential in crop-livestock-forest integration systems. In: World congress on integrated crop-livestock-forestry systems, 2., 2021. WCCLF 2021. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 933-937. WCCLF 2021. Evento online. Disponível

em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23091_6/1/Carbonmarket-potential-in-crop-livestock-forest-integration-systems-2021.pdf. Acesso em: 07 mar. 2022.

ROSCOE, R. Sistemas de integração lavoura-pecuária- floresta e o sistema de inovação na agricultura brasileira. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. Cap. 4., p. 71-82.

SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Recuperação de áreas degradadas por pastagem: uma breve revisão. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 1-16, 2020.

SILVA, A. de A.; FILHO, A. L. S.; KAZAMA, D. C. da S.; LOSS, A.; SOUZA, M.; PICCOLO, M. de C. Estoques de carbono e nitrogênio no sistema silvipastoril com núcleos: a nucleação aplicada viabilizando a pecuária de baixo carbono. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1-30, 2020.

SILVA, M. O.; SANTOS, M. P.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R.S; COSTA, K.D.S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SIA OmniScriptum Publishing: Brivibas gatve 197, LV1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364 p.

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

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SVERSUTTI, P. E.; YADA, M. M. **Criação extensiva de bovinos de corte**. 2019.

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. de; SILVA, N. C. D. e. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. L.], v. 42, n. 2, p. 305-313, 2019.

VALADÃO, F. C.; WEBER, O. L. S. A.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. adubação fosfatada e compactação do solo: sistema

radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.

VILELA, W. T. C; MINIGHIN, D. C; GONÇALVES, L. C; VILLANOVA, D. F. Q; MAURICIO, R. M; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **PUBVET: Medicina Veterinária e Zootecnia**, Maringá, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. 2003.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 256-265, 2012.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa, 2012. 42 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Livro “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas”, Volume IV, foi apresentado o conceito “Antropoceno”: era geológica marcada pelo aparecimento do ser humano. Considerando os últimos 200 anos, observa-se que o homem alterou mais o nosso planeta que em toda a história da humanidade. Ocorreram mudanças de escala geológicas efetuadas pelas atividades antrópicas, tais como o desmatamento e as mudanças de uso do solo, que transformaram quase metade da superfície terrestre.

Em função desse fato, o termo “Antropoceno” passou a ser utilizado em diversas publicações científicas: a situação é tão dramática, que vários cientistas já denominam os biomas de “ANTROMAS” - infelizmente, a situação ainda se agrava, apesar de as discussões relacionadas à conservação e, ou, preservação do meio ambiente terem sido intensificadas nos anos recentes. O principal motivo das pesquisas considera a degradação provocada pelos seres humanos do ambiente devido ao consumo desenfreado e ao modelo de desenvolvimento econômico praticado.

A partir do momento em que os problemas ambientais sejam reconhecidos como fruto de processos produtivos que visam exclusivamente a maximização econômica e lucros, ficará evidente que os processos de exploração e acumulação precisam ser alterados, posto existir uma forte contradição entre os princípios básicos de funcionamento desse tipo de capitalismo e a conservação do equilíbrio ambiental - foi a proposta do Capítulo 1: “A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA”.

Esse capítulo mostrou que por força de movimentos ambientalistas, em 1969, nos Estados Unidos, o Congresso americano editou a “National Environmental Policy Act” - NEPA, uma Lei de Política Ambiental onde surgiu a avaliação de impactos ambientais (AIA) - foi criada em face à necessidade de se adequar novos métodos de avaliação de projetos que considerassem, além dos custos e benefícios sociais, a proteção ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Os anos da década de 1970 figuram como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível mundial.

Apesar de tudo isso, mudanças são necessárias. No meio rural, a promoção da diversidade deve modernizar as metodologias praticadas. A complexidade do mundo atual impede o seu funcionamento sem que haja o livre

acesso à informação, baseado em tecnologias facilmente compreensíveis e disponíveis a todos, principalmente aos produtores do modelo de produção familiar. Soluções duradouras para problemas complexos podem ser aquelas extremamente fáceis: precisam apenas ser reinventadas e postas em prática - foi sugerido pelo Capítulo 2: “Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural”.

Um dos grandes desafios para a agricultura brasileira será perceber conjunto de problemas e soluções existentes. O agronegócio brasileiro deverá superar para seguir produzindo de forma sustentada e sustentável. Produtores e pesquisadores devem compartilhar suas experiências, revisitando as diversas faces e diferentes aspectos de nossa agropecuária. Agindo dessa forma, permitirá captar diversas forças que atuarão sobre o setor nos próximos anos, contribuindo para, em amplitudes diferentes, modelar a sua evolução.

Um dos grandes problemas enfrentados na área rural, particularmente para os produtores do modelo de produção familiar, refere-se à falta de assistência técnica e a baixa disponibilidade de recursos financeiros para custeio e investimento. Somado às suas pequenas áreas e com as inúmeras limitações de cunhos diversos, faz-se necessário buscar alternativas inovadoras e conjuntas, investimentos em ciência e tecnologia, para que seja revertida a perpetuação dos casos de pauperização que conduzem à degradação ambiental. Só dessa forma poderão ser incluídos na dinâmica e produtiva agropecuária brasileira.

Faz-se necessário promover conexões envolvendo parcerias do setor público-privado, incluindo governos, instituições acadêmicas e empresariais, voltadas à implantação de sistemas de produção diversificados e naturais, como aqueles do modelo de produção agroecológico, em cooperativas e associações agroindustriais regionais, onde sejam estimulados os conceitos de “Emissões Zero” e de Economia Circular. As soluções devem ser criativas e conectadas aos problemas emergenciais da atualidade, demonstrando sua viabilidade científica e econômica.

Conhecer e utilizar ferramentas que possam melhorar os processos produtivos e reduzir os efeitos das atividades agropecuárias é fundamental para o sucesso e longevidade de qualquer atividade, independentemente dos inúmeros desafios que devem ser superados no mercado competitivo atual.

Tecnologias como a Integração de Lavoura Pecuária e Florestas-ILPF, a construção de bacias de captação de enxurradas e caixas secas, manejo adequado de pastagens são ferramentas estratégicas, fundamentais a preservação dos recursos naturais, solo e água.

O ensino precisa ser redirecionado, com orientação sobre qual é a melhor maneira de aprender e sobre como ser estimulado para tal, particularmente a educação básica. Deverá conter como condição prioritária orientações ético-morais. A pesquisa científica deverá ser ampliada para que sejam conhecidos os principais processos e mecanismos, com a devida fundamentação, necessária para a recuperação dos ecossistemas e a proteção daqueles ainda não ameaçados pela deterioração de sua quantidade e qualidade. As questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico surgidos recentemente evidenciam que se deve evitar a compartimentação – explícito no Capítulo 3 - “Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas”.

Tal consideração é importante pelo fato da história apontar que existe uma correlação negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana, principalmente quando associada aos processos de degradação ambiental, à sua qualidade de vida. O Brasil possui uma legislação ambiental moderna: iguala-se aos países desenvolvidos que têm preocupação ambiental. Por outro lado, este fato em si não garante efetivamente a aplicabilidade das leis e a qualidade da conservação e preservação dos recursos naturais no País: haja vista o que esteve em andamento no governo do período de 2019 a 2022, onde os órgãos ambientais estiveram em processo de enfraquecimento e desmantelamento continuado.

No meio rural, é inquestionável o crescimento do agronegócio brasileiro como fonte de tecnologias, de alimentos, de bioenergia e dos mais variados produtos exportados para todo o mundo. Contudo, é fundamental que tal papel seja exercido de modo sustentável e transparente a partir da melhoria da eficiência, do aproveitamento de novos segmentos produtivos e do fortalecimento de alianças e parcerias. Há a necessidade de uma ação coordenada entre todos os segmentos de produtores rurais, principalmente os pequenos do modelo de produção familiar, organizações públicas e demais setores econômicos e sociais em prol do desenvolvimento socioeconômico.

De forma oposta ao modelo de produção convencional ou agroquímico, preponderante na no agronegócio brasileiro, a agropecuária de base agroecológica possui uma visão holística: do simples ao complexo. O aumento da biodiversidade traz o equilíbrio do sistema de maneira a eliminar agentes externos prejudiciais à saúde humana. Nesse sentido, não podem conter senão opções éticas.

Essa nova sociedade deverá adotar um novo modelo de produção e desenvolvimento, baseados na equidade e justiça social, na organização do trabalho e na geração de renda, ficando definitivamente estabelecidas as bases de cooperação. Deve haver, acima de tudo, liberdade de decisões: mas é imprescindível que haja solidariedade entre todos os seus membros, originando uma realidade existencial, fundamentando, dessa forma, uma sociedade complexa - ficou bem evidenciado no Capítulo 4: “Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia”.

A Educação Ambiental (EA) sob a visão interdisciplinar no cenário educativo, bem como a sua contribuição para a sensibilização do ser humano como integrante do sistema ecológico, promove qualidade no desenvolvimento das práticas e metodologias aplicadas, oferecendo um ensino de qualidade em benefício ao meio ambiente. A interdisciplinaridade dos diferentes enfoques é essencial, pois permite entender os processos ambientais e conhecer as ferramentas disponíveis para manejá-los, facilitando o seu monitoramento. Dessa forma, fica promovido o desenvolvimento de novos modelos de produção e de consumo que poupem matéria-prima e gere um menor volume de resíduos, como a compostagem.

Essa situação, caso estabelecida, permitirá no futuro que haja mudanças nas relações sociedade/natureza, reduzindo a sua importância econômica. Para isso é necessário que ocorram transformações entre os homens, de forma consciente, resultante de uma inteligência crítica que descubra as reais formas de organização política da vida, formulada em termos de finalidades.

É necessária a alteração dos modelos de produção e de desenvolvimento atualmente praticados no Brasil. A escassez dos recursos, associada aos danos causados pela poluição e a miséria crescente nos meios urbano e rural, evidenciam que esse modelo gera degradação. Porém, para que sejam alcançadas as transformações necessárias, é preciso a definição de políticas

públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, exigindo um grande esforço do conjunto de atores sociais, econômicos e políticos – sugerido no Capítulo 5: “Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica”.

No capítulo 5 é mostrada que há que se fortalecer a base legal necessária ao manejo e aproveitamento dos recursos naturais, em especial ao uso do solo e das águas e a conservação dos mananciais. A erosão pode acontecer de forma natural ou ser resultado de ações antrópicas, tais como o desmatamento, a retirada da cobertura vegetal da área, gerando assim, processos erosivos acelerados que provocam o desequilíbrio dos ecossistemas.

Contudo, para que se alcance o objetivo de recuperação dos ecossistemas, tais medidas deverão ser mantidas por prazo indeterminado, cabendo considerar que deverão ser constantemente revistas e atualizadas, fundamentadas na ética e na justiça social – como sugere o Capítulo 6: “Controle biológico na soja no sul do Maranhão”.

Nessa região, bem como em diversos estados brasileiros, a cadeia produtiva da soja assumiu no cenário agrícola uma importância de destaque. Contudo, o ataque de pragas vem acarretando aumento crescente de aplicações de defensivos agrícolas, principalmente de inseticidas e, conseqüentemente, aumento do custo de produção da soja. Há de se considerar ainda o crescimento de barreiras não tarifárias impostas pelos países importadores, particularmente aquelas relacionadas à área socioambiental.

No estado do Maranhão o manejo integrado de pragas (MIP) é pouco empregado no controle de pragas na cultura da soja, bem como o uso de produtos biológicos. O estudo apresentado nesse capítulo verificou o custo do controle de pragas em duas áreas: uma com o MIP usando inseticidas biológicos; e outra com controle químico, chamado de sistema convencional (SC), em uma fazenda no município de Carolina, no sul do estado do Maranhão. Com os bons resultados obtidos, o controle biológico aplicado poderá se tornar uma prática rotineira no meio rural maranhense, contribuindo para uma agricultura mais sustentável.

Assim, deverá ocorrer a ampliação da conectividade no campo, uso das tecnologias além da produção, transformação de dados em insumos para a estratégia do agronegócio e compartilhamento das responsabilidades

socioambientais com a sociedade. Deverão ser orientadas para a busca da segurança alimentar, mas agregando um olhar para a superação de desafios relacionados às novas formas de financiamento, à educação voltada para a ciência e à importância do bem-estar intergeracional.

Daí a importância das propriedades agroecológicas: sugerem um novo conceito de gestão, abrangem uma área total significativa em todo o Brasil. É preciso alcançar novas regiões com o Programa de Fortalecimento da Agricultura Orgânica a fim de abrir novos canais de comercialização e fomentar a agricultura alternativa brasileira. É indiscutível a importância de estudos mais aprofundados e novas pesquisas acerca da agricultura agroecológica com a finalidade de tornar os agricultores familiares competitivos no mercado – também, pode ser facilmente observado no Capítulo 7: “Resíduos agrícolas da pecuária leiteira”; e no Capítulo 8: “Técnicas alternativas para o controle de formigas cortadeiras”.

Sabe-se que dentro dos atuais modelos de produção que exploram os recursos naturais, todos afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar poluição das águas superficiais e subterrâneas, do ar e do próprio solo, com efeitos sobre a qualidade de vida da população e dos recursos naturais em paisagens do entorno.

Apesar dos avanços obtidos e contemplados pela legislação ambiental atual, no passado, era reduzida a preocupação com a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, o que favoreceu a ocorrência de inúmeros processos de degradação, resultado na criação de diversas áreas improdutivas ao longo do território brasileiro. Portanto, o uso de dejetos animais na agropecuária poderá contribuir para a redução dos impactos negativos e gerar externalidades positivas.

Da mesma forma com relação ao controle alternativo de formigas, onde se tem usado inseticida sintético (tóxico): seus resíduos têm causado problemas de saúde aos seres vivos e processos e impactos ao meio ambiente. O referido capítulo teve com objetivo identificar alternativas para o controle das formigas cortadeiras, reduzindo os impactos ambientais negativos e as suas externalidades. Vários métodos foram identificados com resultados comprovados e outros com boas perspectivas de controle efetivo, com

importantes características: praticamente não tóxicos, baixa a nenhuma agressividade ao homem e à natureza, eficientes no combate e repelente às formigas cortadeiras.

No entanto, é fundamental melhorar a capacitação dos Recursos Humanos e promover a troca de experiências em relação aos avanços tecnológicos alcançados na execução de grandes projetos é fundamental. As iniciativas bem-sucedidas devem ser reproduzidas em outros lugares, respaldada por indicadores de sustentabilidade. Impõe-se a participação efetiva dos centros de pesquisa e ensino, buscando soluções alternativas, viáveis e de baixo custo, para a solução destes problemas: pode ser observado no Capítulo 9: “Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil”.

Sabe-se que o planejamento de qualquer atividade agropecuária deve levar em conta o atendimento as legislações vigentes, bem como a experiência do agricultor, a disponibilidade de recursos financeiros e a adoção de práticas conservacionistas. O capítulo 9 simula a implantação de práticas conservacionistas e área de preservação permanente (APP) em pequena propriedade rural, visando diagnosticar e elaborar o uso racional de uma pequena propriedade: concluiu-se que a área da propriedade é subutilizada – realidade de milhares propriedades brasileiras.

Para alterar essa realidade de grande parte das pequenas propriedades rurais, a elaboração do planejamento no uso da terra aumenta a área de cultivo, vislumbra a adoção de práticas conservacionistas que mantêm a conservação do solo e da água, bem como delimita as APPs em atendimento à legislação. Levantamentos e planejamento de práticas conservacionistas em pequenas propriedades rurais contribuem para: aumento da renda, melhoria na qualidade de vida, fixação da família e de seus sucessores no campo.

Por essas questões, é fundamental, no campo, redirecionar o modelo adotado de pesquisa, evitando a sua descontinuidade. Deve-se ampliar o tempo fornecido aos cursos de especialização e exigir das empresas parceiras nos projetos, um maior comprometimento e o reconhecimento de sua corresponsabilidade na geração de soluções definitivas aos problemas atuais. É premente a necessidade de fortalecer regionalmente as organizações ambientalistas com vistas ao monitoramento das atividades impactantes, por

meio de formação e treinamento do corpo técnico responsável, de tal forma a tornar esse procedimento mais efetivo e eficiente - sugerido no Capítulo 10: “Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES”.

Esse capítulo evidencia que a intensificação no uso dos recursos naturais causou modificações na dinâmica do solo. As atividades pecuárias, apesar da grande importância na economia nacional, gerando emprego e renda substanciais, ocupam extensas áreas e, em grande parte, degradadas e, ou, em processo de degradação. Apesar do avanço tecnológico com forrageiras de alta produtividade, bem como insumos e práticas de manejo que aumentam a produção, a degradação dos solos de pastagens ainda é um problema, principalmente devido à redução do estoque de carbono no solo, que afeta economicamente o pecuarista e traz danos ao meio ambiente.

O fato é que o manejo inadequado resulta em extensas áreas de pastagens degradadas, comprometendo a sustentabilidade da produção animal: os principais fatores são a superlotação e o superpastejo. A recuperação de pastagens degradadas impede a abertura de novas áreas - está inserida no contexto de agropecuária de baixo carbono, mostra a relevância dessa questão para se lidar com agendas relacionadas à produtividade, à adoção de inovações, aos gases de efeito estufa, à fertilidade do solo, aumenta o sequestro de carbono, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Nos dias atuais, além da lógica ambiental, as propriedades rurais necessitam ser sustentáveis do ponto de vista econômico e social. Devem atender aos preceitos do desenvolvimento sustentável e manter constante o crescimento, gerando empregos e renda para a população local, evitando o êxodo rural e a falta de alimentos.

Por tantos motivos, as questões ambientais devem ser repensadas, com um maior nível de consciência, onde se perceba que elas não podem ser compreendidas isoladamente, posto serem sistêmicas, interconectadas e interdependentes. Portanto, são necessários que se conheçam os processos físico-químicos, político-econômicos e socioculturais, posto que a intercessão desses processos dê origem à estrutura socioespacial que expressa a maneira como as classes sociais e a economia se estruturam.

Dessa forma, quando a compreensão do problema for mais profunda (soluções científicas e de engenharia) e estiver disseminada por toda a sociedade (nos avanços políticos, gerenciais e de organização institucional), a segurança coletiva e a segurança individual relacionada aos recursos estarão garantidas, proporcionando alternativas de melhor qualidade de vida e maior capacidade produtiva a toda a humanidade.

Portanto, é necessário que o novo modelo de desenvolvimento considere uma visão diferenciada do trabalho, que implica em profundas transformações nos processos dos diversos setores produtivos, na alteração dos hábitos de consumo dos países desenvolvidos e uma maior solidariedade entre as nações. Devem agir não como empresas de assistência técnica, mas sim permitindo e viabilizando o acesso dos países menos desenvolvidos aos avanços científicos e tecnológicos.

A Agroecologia, como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar, discute um dos problemas críticos dos dias atuais: a redução da população rural brasileira a menos de um quarto quando comparada aos anos de 1950 e 2010. Isso porque, apesar de a agricultura familiar representar a maior categoria de produtores rurais no Brasil, ela é composta por um grupo não homogêneo e que está vulnerável às transformações do campo.

Sendo assim, o abandono do meio rural está muito presente nessa categoria. Como proposta sustentável para a redução do êxodo rural, melhoria na qualidade de vida das famílias do campo e recuperação da degradação ambiental causada pela agricultura convencional, sugere-se a transição agroecológica de áreas agrícolas convencionais.

A sustentabilidade proposta pela agricultura familiar apresenta benefícios, evidenciados pela tendência de diversificação de culturas e conservação ambiental. Devem-se utilizar instrumentos adequados de planejamento e monitoramento dos procedimentos de todo o processo, para que ocorra a viabilidade econômica e a conservação ambiental, com redução da pobreza e maior equidade social. Atualmente, a recuperação ambiental associada a todos esses conceitos, deve ser prioridade para que seja possível alcançar o desenvolvimento rural sustentável.

Professor Maurício Novaes Souza
Guarapari, abril de 2023.



MÉRIDA
PUBLISHERS

www.meridapublishers.com