

## CAPÍTULO 4

---

### **Degradação ambiental pelo fator antrópico: uma breve análise da agropecuária, seus impactos ao meio ambiente e formas de mitigação**

João Otávio da Silva Malaquias, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Maria Amélia Bonfante da Silva, Priscilla Moreira Curtis Peixoto, Maurício Novaes Souza, Credigar Gonçalves Moreira, Hilton Moura Neto, Alex Justino Zacarias, César Santos Carvalho, Rodolpho Torezani

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c4>

#### **Resumo**

O objetivo deste estudo foi abordar os impactos resultantes da agropecuária e as possíveis formas de manejo adequado em consonância com a abordagem ecológica e sustentável no setor. O estudo foi desenvolvido por meio de referencial teórico e revisão sistêmica de artigos selecionados por sua importância acadêmica e adesão ao tema pesquisado. A agropecuária é o conjunto das atividades ligadas à agricultura e à pecuária: apresenta relevância para a humanidade e para a economia local e global. Contudo, sérios aspectos e impactos ambientais estão sendo promovidos devido à expansão da agropecuária e a utilização de métodos inapropriados para o cultivo agrícola e criação de animais. A produção agropecuária causa impactos ambientais e sociais, que acabam se refletindo no próprio setor posto serem interconectados e interdependentes. Apesar de vários estudos, pesquisas e relatórios acerca da importância da conservação/preservação ambiental, a forma pela qual é concebida a agropecuária na contemporaneidade ainda continua sendo marcada como uma prática não sustentável em sua totalidade. O desafio de desenvolver a produção agropecuária com sustentabilidade exigirá a adoção de múltiplas estratégias que passam pela geração e difusão de tecnologias ambientalmente adequadas, estruturação de sistemas de informações agroambientais integrados e aplicação de instrumentos econômicos que possam minimizar as externalidades negativas do setor. Portanto, diante da necessidade de produzir alimentos para atender a demanda local e global, e ao mesmo tempo preservar o meio ambiente, é necessário que métodos sustentáveis, por meio de práticas agroecológicas e conservacionistas, sejam implantados na agropecuária por meio de políticas públicas, em parcerias com

o setor produtivo, as empresas e toda a sociedade, de forma a mitigar os impactos ambientais negativos provocados por essa atividade.

**Palavras-chave:** Degradação ambiental. Agropecuária. Práticas agroecológicas. Sustentabilidade.

## 1. Introdução

O conceito de meio ambiente é bastante amplo: deve ser entendido de maneira multidisciplinar e holística, abrangendo a relação direta entre seres vivos e o meio ambiente. Denomina-se “Ecologia” o estudo da relação do homem com a natureza ou a relação homem-natureza. Não há como se fazer análise de forma isolada posto ser interdependentes (BRANCO, 1995; LEITE; AYALA, 2000).

Ainda que a Terra tenha uma gama inconcebível de ecossistemas, *habitats* naturais e espécies – algumas ainda nem identificadas e, ou, descobertas –, a espécie humana se encontra envolvida na maior crise ambiental jamais enfrentada. A relação homem/natureza ao longo dos tempos foi se deteriorando em níveis críticos e, conseqüentemente, vários impactos antrópicos são amplamente visíveis no mundo contemporâneo.

Esse processo de deterioração ambiental se intensifica a partir do final do século XVII e início do século XVIII com o período conhecido por Revolução Industrial, permeando-se e sendo avivado pelos séculos seguintes. Ao longo desse processo as atividades antrópicas influenciaram sistematicamente de maneira negativa o meio ambiente. Em um curto período, os seres humanos remodelaram e degradaram paisagens e *habitats*, suprimiram vegetações, exercendo sucessivas pressões sobre várias espécies – algumas até à extinção –, alterando e causando desequilíbrio nos ecossistemas. Com consequência, entre outras, a elevação das temperaturas globais e a aceleração dos processos relativos às mudanças climáticas. Por conseguinte, são as atividades antrópicas as principais responsáveis pelos processos de degradação do solo e da água (RIPPLE *et al.*, 2017; SOUZA, 2018).

De acordo com Capra (1996), o novo capitalismo global ameaça e destrói as comunidades locais por todo o planeta. Amparado em conceitos de

uma biotecnologia deletéria, invadiu a santidade da vida ao tentar mudar a diversidade em monocultura, a ecologia em engenharia, e transformou a própria vida numa *commodity*. Em decorrência dessa realidade, surgiu nas últimas décadas a preocupação de se desenvolver um novo modelo de produção, de crescimento e de desenvolvimento.

No Brasil, os efeitos dessa agressiva influência são evidentes. Dados do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) divulgados no mês de julho de 2020 apontam um aumento de 64% na degradação da Amazônia Legal Brasileira (ALB); enquanto no Cerrado a supressão da vegetação nativa totalizou 6.484 km<sup>2</sup>. Os dados quantificados são do período de agosto de 2019 a junho de 2020 - a previsão era de aumento significativo até a finalização da referida apuração. Nesse período, foram desmatados 7.540 km<sup>2</sup> de mata nativa: considerado o pior quantitativo em onze (11) anos (INPE, 2019; 2020).

De modo geral, a maior parcela da degradação ambiental está ligada ao fator antrópico. Relacionados à agropecuária, os principais aspectos e processos impactantes são: exploração ilegal e seletiva de madeira; mudança de uso do solo decorrente da expansão acelerada dos extensos monocultivos; aumento significativo da emissão de gases do efeito estufa (GEE) - como externalidades negativas, a poluição do solo e da água (FERREIRA; VENTICINQUE; ALMEIDA, 2005; ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012; COSTA; VENZKE, 2017; SOUZA, 2015; 2018; 2021).

Segundo Weid (1997), fazem-se necessárias propostas de políticas públicas que promovam o (a):

- ✓ Valorização regional por meio da difusão dos aspectos culturais, recursos hídricos, riqueza de flora e fauna, ambientes naturais;
- ✓ Fiscalização e denúncia da destruição de recursos, divulgando experiências de êxito de produção sustentável;
- ✓ Intensificação dos trabalhos de educação ambiental;
- ✓ Criação de centros de comercialização de produtos e divulgação de iniciativas de desenvolvimento sustentável;
- ✓ Implantação de ampla reforma agrária, considerando como pilar a sustentabilidade;
- ✓ Promoção da agricultura familiar e adoção de um modelo de produção sustentável;

- ✓ Envolvimento com a academia e desenvolvimento de tecnologia, mediante a criação de banco de dados de experiências de êxito;
- ✓ Valorização dos conhecimentos tradicionais;
- ✓ Maior intercâmbio entre a academia e os agricultores familiares; e
- ✓ Demanda de alternativas às universidades para a incorporação de abordagens alternativas de desenvolvimento; entre outros.

Contudo, apesar de a agropecuária contribuir de forma significativa para os processos de degradação, comprometendo a saúde humana, os recursos naturais e o clima (ADEGBEYE *et al.*, 2020), possui papel fundamental para a segurança alimentar global, visto que a população mundial poderá chegar a nove (9) bilhões de pessoas até 2050 (FAO, 2017).

Novas tecnologias têm sido empregadas para fomentar a crescente demanda. Inovações no cultivo irrigado e sequeiro e o desenvolvimento tecnológico na produção animal têm permitido mais colheitas por ano e reduzido o tempo para terminar os animais ao peso de mercado (FUGLIE, 2018). No entanto, a produção global de alimentos depende intrinsecamente de vários fatores, tais como: clima, temperatura, energia, disponibilidade de água e nutrientes. Esses pontos demonstram não ser uma equação fácil, pois a humanidade depende única e exclusivamente dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, de modo que os países em desenvolvimento e subdesenvolvidos estão propensos a sentir com mais forças esses eventos de possível escassez (BALL, 2015).

Nesse contexto, pensar em formas mitigadoras para os impactos ambientais ocasionados pelo fator antrópico na agricultura e na pecuária é de extrema importância para a segurança alimentar global, para o planeta e para o bem-estar das futuras gerações em consonância com várias conferências, protocolos e relatórios oficiais acerca da mitigação de impactos ambientais e desenvolvimento sustentável (TRIGUEIRO *et al.*, 2003; MARTINS; ROMARCO; SOUZA, 2013; MARTINS; SOUZA, 2013).

Este capítulo abordará técnicas e práticas voltadas às atividades agropecuárias buscando conciliar crescimento com desenvolvimento ambiental sustentável, além de alternativas agroecológicas para uma agropecuária menos prejudicial visando a mitigação e a sustentabilidade dos recursos naturais e do sistema socioeconômico.

## **2. Degradação ambiental por meio de práticas agropecuárias**

### **2.1. Degradação ambiental por meio de práticas agrícolas**

O crescimento da população mundial e sua densidade demográfica concentrada nas cidades aumentará consideravelmente a demanda por alimentos ao longo dos anos (BEDDINGTON *et al.*, 2012). Segundo dados da ONU (2019), a população mundial deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, chegando a incrível marca de 9,7 bilhões de pessoas em 2050. Além disso, o relatório concluiu que a expectativa de vida da população mundial está aumentando: em 2050 nove (9) países terão mais da metade do crescimento estimado para a população mundial: Índia, Nigéria, Paquistão, República Democrática do Congo, Etiópia, Tanzânia, Indonésia, Egito e Estados Unidos. Diante destes dados preocupantes, o aumento da produção agropecuária é uma situação impreterível para a segurança alimentar mundial (ONU, 2019; SAATH; FACHINELLO, 2018).

O Brasil, anteriormente o terceiro maior exportador do mundo, fechou o ano de 2019 ao lado dos EUA, como a maior potência agrícola mundial com uma produção recorde de grãos: 240 milhões de toneladas - portanto, um dos principais responsáveis pela segurança alimentar do planeta (FAO, 2017). A partir de 1990 até o ano de 2017, o saldo da balança agropecuária do país aumentou quase dez vezes, tornando esse setor o principal responsável pelo superávit da balança comercial brasileira. Somente o agronegócio em 2019 representou 21% do PIB brasileiro, totalizando R\$ 322 bilhões (IBGE, 2020).

Entretanto, com o aumento das exportações surgiram também novas demandas, tais como: busca crescente por terras agricultáveis; uso mais intensivo de água; e, principalmente, a obrigatoriedade de correção e adubação do solo com o uso de fertilizantes altamente solúveis (KASTNER *et al.*, 2012; WITHERS *et al.*, 2018; SOUZA, 2021).

O uso de fertilizantes foi determinante para o crescimento do setor agropecuário brasileiro. A utilização de agroquímicos nitrogenados é responsável por cerca de 40% da oferta alimentar do planeta. Em contrapartida, o Brasil se tornou um dos maiores consumidores de fertilizantes do mundo, ao ponto da quantidade produzida no mercado interno se tornar incapaz de suprir a demanda local (RATTER, 1997; EMBRAPA, 2020).

Embora a agricultura seja o motor da economia brasileira, seus danos ao

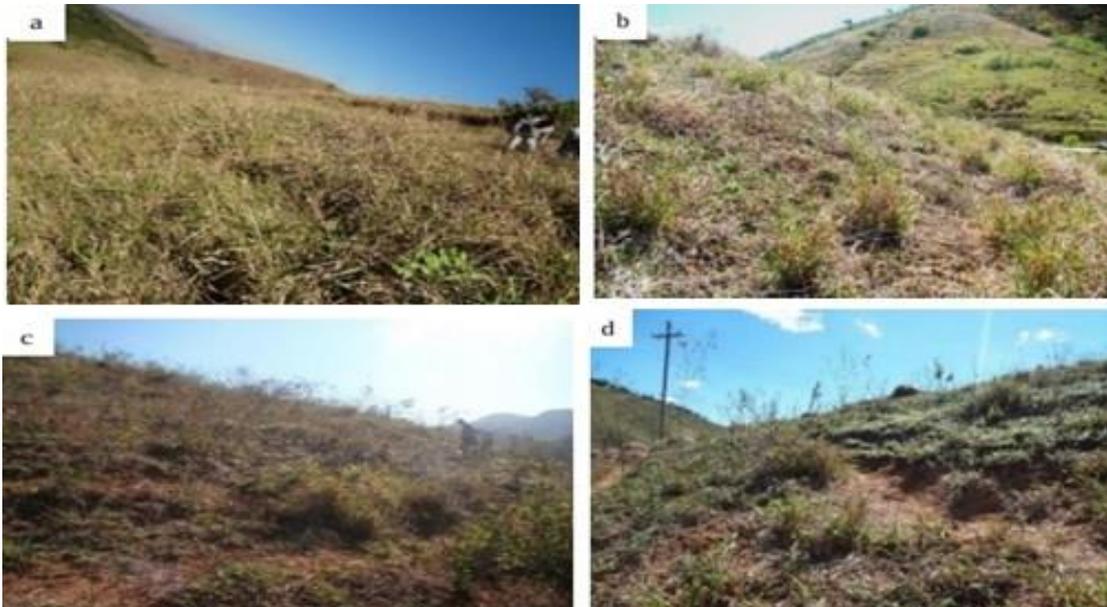
meio ambiente podem ser permanentes e por isso, têm evidenciado a atenção e provocado receio na comunidade científica (EMBRAPA, 2020; IBGE, 2020). As mudanças climáticas, relacionadas predominantemente à emissão de gases do efeito estufa (GEE) causada por fatores antrópicos, tornaram-se sistematicamente objeto de estudos (OLIVEIRA *et al.*, 2013; LAWRENCE; VANDECAR, 2015; ARIAS *et al.*, 2020; LEITE-FILHO; COSTA; FU, 2020; SPERA; WINTER; PARTRIDGE, 2020).

Há um estudo que utilizou o modelo de Pesquisa e Previsão do Tempo para executar simulações climáticas de 15 anos em todo o Brasil com seis cenários de cobertura do solo: (1) antes do desmatamento extensivo; (2) cenário observado em 2016; (3) Cerrado substituído por monocultura (soja); (4) Cerrado substituído por agricultura de dupla safra de monoculturas (soja-milho); (5) leste da Amazônia substituído por monocultura; e (6) leste da Amazônia substituído por agricultura de dupla safra. Ficou demonstrado que em todos os cenários (1-6) a temperatura excedeu o limite crítico para o cultivo do milho e a fração evaporativa diminuiu significativamente. Houve queda de até 8% na produção de milho, dando evidências que o desmatamento alterou o clima no Cerrado brasileiro, prejudicando a produção de safras de sequeiro (SPERA; WINTER; PARTRIDGE, 2020).

Diante destes estudos, como o apresentado no Capítulo III (SOUZA, 2015), evidencia-se que o aumento do desmatamento e a desertificação estariam antagonicamente garantindo a segurança alimentar, uma vez que as culturas voltadas à agropecuária, bem como pastagens, apresentam vulnerabilidade e sensibilidade aos impactos das mudanças climáticas - levam a queda da produção.

Os impactos causados pelo fator antrópico na agricultura estão inclusive relacionados com a poluição do solo, dos corpos hídricos e com os conflitos por terra no Brasil (GODFRAY; GARNETT, 2014; RAJÃO; CARVALHO; MERRY, 2020). O uso da terra para as monoculturas altera diretamente as propriedades hídricas do solo, além do pH, do teor de fósforo (P), a contaminação por compostos nitrogenados e agrotóxicos em corpos d'água superficiais. Processos erosivos e a compactação do solo são corriqueiramente encontrados em áreas de cultivo diminuindo consideravelmente a infiltração da água e, conseqüentemente, a produção. Esses processos serão ainda mais

comuns no futuro se nenhuma atitude for tomada (HUNKE *et al.*, 2015) (Figura 1).



**Figura 1.** Níveis de degradação do solo por práticas agrícolas: a) N1-leve; b) N2-moderado; c) N3-forte; d) N4-muito forte. Fonte: Silva; Felizmino; Oliveira (2015).

O fato é que a agricultura e a pecuária são as principais atividades relacionadas com o uso dos solos e mudanças decorrentes de práticas de manejo inadequadas. Podem levar a um rápido declínio dos estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) do solo, colaborando para o aumento das emissões de GEE para a atmosfera e intensificando o efeito estufa sobre o globo terrestre (SOUZA, 2018).

### 2.2.1. Degradação ambiental pelo uso de agrotóxicos

A intensa utilização de agrotóxicos na agricultura se iniciou nos anos da década de 1950, nos Estados Unidos, com a chamada "Revolução Verde" - teve como objetivo a modernização da agricultura e o aumento de produtividade. No Brasil, esse movimento começou na década de 1960 e, com a inserção do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA), ganhou estímulo nos anos da década de 1970. O programa associou o uso dessas

substâncias à concessão de créditos agrícolas, sendo o Estado um dos principais incentivadores dessa prática (JOBIM *et al.*, 2010; SIQUEIRA *et al.*, 2013; SOUZA, 2018).

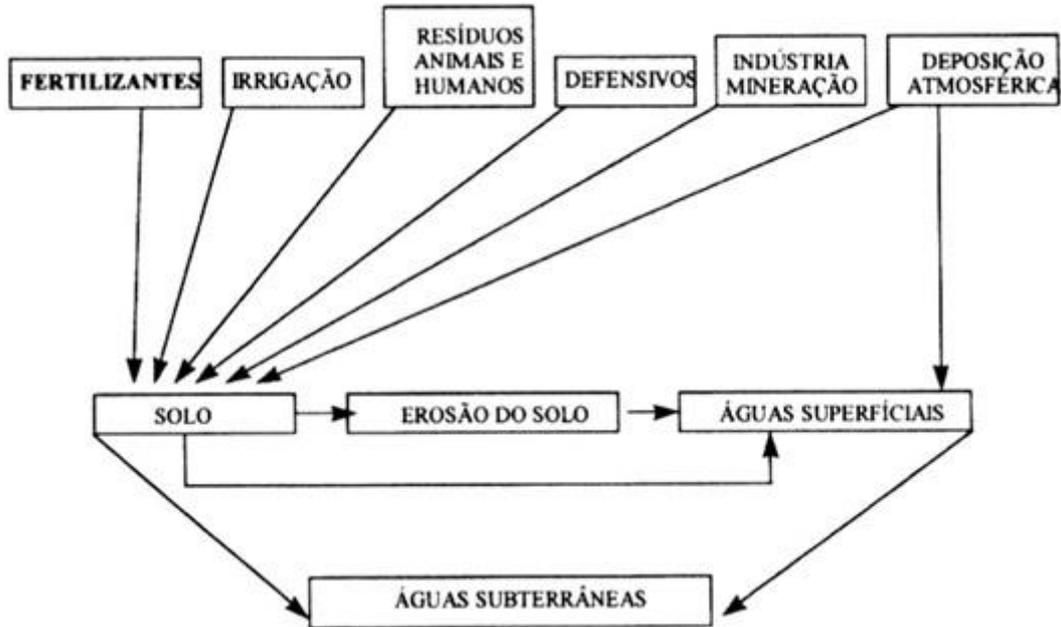
O termo agrotóxico passou a ser utilizado no Brasil a partir da Lei Federal nº 7.802, de 1989, regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 2002 (SANTANA; MOURA; NOGUEIRA, 2016). Trouxe o seguinte conceito: “Compostos de substâncias químicas destinadas ao controle, destruição ou prevenção, direta ou indiretamente, de agentes patogênicos para plantas e animais úteis às pessoas” (BRASIL, 1989).

É inquestionável que a aplicação de agrotóxicos em lavouras aumentou a produtividade agrícola, especialmente por proporcionar maior tempo de estocagem dos alimentos e assegurar a alimentação da população que cresce continuamente. No entanto, o uso dos agrotóxicos deve ser repensado, pois o mesmo requer cuidados a fim de evitar graves danos ao meio ambiente. Isto se deve ao fato de alguns agrotóxicos voláteis poderem ser carregados pelo vento atingindo aves, mamíferos e vários outros microrganismos (SPADOTTO, 2004; SOUZA, 2018; 2021).

De acordo com esses mesmos autores, quando retidos nos locais de aplicações, eles podem ser lixiviados, ou percolados alcançando as superfícies das águas e águas subterrâneas, desencadeando o desequilíbrio ecológico (Figura 2). Geralmente os agrotóxicos são aplicados diretamente nas plantas ou no solo. Quando aplicado sobre as plantas cerca de 50% da dose aplicada têm como destino final o solo atuando como principal receptor e acumulador destes produtos.

Com as transformações ocorridas pela intensa interferência antrópica, os sistemas ambientais vêm sofrendo transformações, originado por causa e natureza diversas. Esse fenômeno é denominado poluição; ou seja, é o resultado indesejável das ações de transformação das características naturais de um ambiente, atribuindo um caráter nocivo a qualquer utilização que se faça do mesmo. A Lei Federal nº 6.938/81 define poluição como “toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa constituir prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e, ainda, possa comprometer a biota e a utilização dos recursos para fins comerciais, industriais e recreativos” (BASTOS; FREITAS, 1999). De acordo com a Figura

2 foi possível observar as várias fontes de poluição do solo e da água – a maior parte delas provenientes da atividade de agropecuária.



**Figura 2.** Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água. Fonte: Singh; Steinnes (1994).

Particularmente relativo ao uso dos agrotóxicos empregados na agropecuária, sabe-se atualmente que são os principais responsáveis pela contaminação do solo e dos recursos hídricos em razão das suas características bioacumuladoras e sua baixa degradação. No solo, essa contaminação atinge os mecanismos biológicos responsáveis pela disponibilidade de nutrientes às plantas. Em ambientes aquáticos, pode ocorrer a contaminação dos recursos hídricos designados ao abastecimento de água potável para a população. Uma das principais consequências na utilização dos agrotóxicos é o risco que eles oferecem a organismos não-alvos, provocando doenças e mortes.

Quando os agrotóxicos são aplicados diretamente no solo podem ser degradados por vias químicas, fotólise ou pela atividade de microrganismos. As moléculas com alta persistência são as moléculas consideradas de baixa taxa de degradação. Podem perdurar no ambiente sem serem modificadas, bem

como podem ser adsorvidas pelas partículas componentes do solo, sofrendo lixiviação<sup>6</sup> e alcançando os lençóis subterrâneos (CONASQ, 2003).

Ambientes aquáticos podem ser contaminados pela aplicação de agrotóxicos por diferentes formas: escoamento superficial, deriva de pulverização e lixiviação, que apresentam sérias ameaças à saúde do ecossistema e do ser humano. Essa exposição pode interferir diretamente em todos os níveis de organização biológica, compreendendo produtores primários, microrganismos, invertebrados ou peixes (SHEFALI *et al.*, 2020).

Os efeitos nos processos produtivos da agricultura familiar de maior importância para a saúde humana e ambiental são as poluições, contaminações ambientais e as intoxicações agudas e crônicas referentes à aplicação de agrotóxicos, uma vez que raramente as práticas agropecuárias são coerentes com as preocupações do impacto ambiental ou expõem de forma objetiva e prática os aspectos relacionados à sustentabilidade (AUGUSTO *et al.*, 2012).

A Figura 3 ilustra quanto à forma de aplicação dos agrotóxicos levando a uma maior exposição do aplicador sem o uso de equipamento de proteção individual (EPI).



**Figura 3.** Aplicação de agrotóxico sem o uso de EPIs. Fonte: SENAR (2019).

---

<sup>6</sup> Lavagem dos nutrientes e compostos presentes no solo pela água de chuva.

### 2.3. Degradação ambiental pela pecuária

Há 12 mil anos os seres humanos se relacionavam com o meio ambiente como extrativistas: caçadores, coletores e forrageiros. Há cerca de 9-10 mil anos, na “Primeira Revolução Agrícola”, as alterações ambientais se intensificaram em decorrência das atividades agrícolas. Mesmo de forma arcaica, nossos ancestrais desmataram florestas iniciando as plantações e a criação de animais, fornecendo indícios da transformação da agricultura e da pecuária. Embora as técnicas utilizadas fossem primitivas e com ausência de ferramentas sofisticadas, nasceu ali a gênese de inúmeros problemas ambientais que se tornaram frequentes no cotidiano (GIGUET-COVEX *et al.*, 2014; STEPHENS *et al.*, 2019; SOUZA, 2021).

No Brasil, grande parte das pastagens encontra-se degradada em função de atividades pecuárias (Figura 4). Ainda assim, estas atividades são de suma importância para o desenvolvimento do país apresentando impacto significativo no Produto Interno Bruto (PIB), sendo, portanto, fundamentais para o desenvolvimento econômico e geração de empregos diretos e indiretos (ANDRADE *et al.*, 2014).



**Figura 4.** Pastagem degradada com agravante: recuperada por procedimentos incorretos.

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), mesmo em meio à crise econômica mundial, o país, no ano de 2019, exportou 1,866 milhão de toneladas de carne, 13,6% acima do ano anterior, alcançando a marca de US\$ 7,65 bilhões, 16,5% a mais em relação a 2018. Estes números representam 8,5% do PIB (R\$ 618,50 bilhões). Vale salientar, que nestes valores estão incluídos desde insumos utilizados na pecuária, como investimentos em melhoramento genético, sanidade animal, nutrição, exportações e vendas para o mercado interno (ABIEC, 2020).

Mesmo diante desse importante protagonismo, a pecuária contribui com 14,5% das emissões globais de GEE com o uso de fertilizantes sintéticos a base de N, o acúmulo e o manejo de esterco nas pastagens, inclusive a manipulação de rações e alimentos ricos em N, que intensificam o quadro. Gases como óxido nitroso ( $N_2O$ ), amônia ( $NH_3$ ) e óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) colaboram para o agravamento do efeito estufa, poluição do ar comprometendo saúde humana. Em corpos hídricos os agravantes são a eutrofização e a acidificação levando a morte de peixes e outros animais marinhos (GALLOWAY *et al.*, 2008; GERBER *et al.*, 2013; SUTTON *et al.*, 2013).

Diante do exposto, técnicas de aprimoramento para o uso da terra na agropecuária que incluam: métodos agroecológicos, manejo sustentável de recursos (água, solo e fertilizantes), recuperação de pastagens e redução na emissão de GEE são alternativas seguras e eficientes para a mitigação dos problemas encontrados (Figura 5).



**Figuras 5.** Desmatamento para a expansão da agropecuária. Fonte: Silva; Felizmino; Oliveira, (2015).

Uwizeye *et al.* (2020) estudaram as emissões de N ao longo das cadeias globais de abastecimento de gado e os resultados demonstraram que o setor pecuário emite 65 milhões de toneladas de N anualmente, isso equivale a um terço das emissões desse elemento pelo fator antrópico: 68% desse montante se refere à produção de ração animal. Por conseguinte, Strassburg *et al.* (2014) explicitam que as pastagens brasileiras precisam aumentar sua produtividade em até 52% para atender à demanda pecuária, agrícola, madeireira e de biocombustível até 2040, levando em consideração a não conversão de novos ecossistemas naturais. Silva *et al.* (2016) afirmaram que a mitigação dos efeitos negativos e o uso sustentável dos recursos naturais tornou-se uma necessidade contínua.

### **3. Alternativas sustentáveis e formas mitigadoras**

As condições éticas que envolvem o desenvolvimento sustentável, a garantia contra o empobrecimento e a conservação do capital natural, são consistentes com: a) Justiça com os socialmente desprovidos (equidade intergeracional); b) Justiça entre as gerações (equidade intergeracional); c) Aversão ao risco; e d) Eficiência econômica (PEARCE; BARBIER; MARKANDIA, 1988; PEARCE; TURNER, 1989).

O cenário econômico crescente e a demanda por alimentos, insumos e derivados produzidos através de grãos são fatores motivadores para novos modelos de uso da terra, sendo, portanto, necessário rever as formas de produção que possibilitem pensar um futuro sustentável aumentando a produção agrícola e limitando os impactos ao meio ambiente por intermédio de ações afirmativas socioambientais que surtam efeito (GUZHA *et al.*, 2017; BRINKMAN *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento lançou em 2010 o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC, que teve como objetivo responder aos compromissos de redução de emissão de gases do efeito estufa no setor agropecuário assumido pelo país.

O plano teve vigência entre 2010 e 2020, composto por sete programas, sendo seis direcionados às tecnologias de mitigação e um à adaptação às

mudanças climáticas. Os seis programas permeavam técnicas para redução, reutilização e recuperação de sistemas pouco produtivos ou degradados de forma a considerar os impactos e as formas mais sustentáveis de se produzir, buscando atingir um padrão ótimo e sem a perda de produção. Algumas técnicas com a Recuperação de Pastagens Degradadas; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); demonstraram resultados frente ao cenário habitual (MAPA, 2012; MARTINS; ROMARCO; SOUZA, 2013; MARTINS; SOUZA, 2013).

O Plano ABC apresentou resultados, tais como: recuperação de pastagens degradadas, mais de 4 milhões de hectares foram recuperados com a ajuda do crédito oficial do ABC até 2018; e pelo menos outros 7 milhões foram manejados com fontes diferentes de financiamento ou recursos próprios dos produtores, chegando próximo à meta de 15 milhões de ha. Em relação ao tratamento de dejetos, o programa alcançou 40 milhões de m<sup>3</sup> de dejetos animais tratados, frente à meta de 4,4 milhões (EMBRAPA, 2020).

Em 2017, a fixação de nitrogênio atingiu 10 milhões de hectares, ante a meta de 5,5 milhões. O plantio direto, que visava atingir 8 milhões de hectares, alcançou aproximadamente 13 milhões, superando a meta. A adoção de ILPF atingiu 6 milhões de hectares, ultrapassando em 2 milhões da meta (EMBRAPA, 2020).

Ao fim da vigência de 10 anos do Plano, analisando os resultados obtidos, conclui-se que apesar dos resultados positivos em quase todas as metas, é necessário maior investimento em treinamento de técnicos, extensionistas, elaboradores de projetos e operadores de crédito rural para trabalharem e levarem a tecnologia até o produtor rural, pois esses agentes atuarão desde a contratação do financiamento do Programa ABC até o final da execução do projeto na propriedade rural (EMBRAPA, 2020).

Com relação à “Agroecologia”, há de se considerar que se caracteriza como um movimento sociopolítico de fortalecimento do agricultor em busca de sua identidade e raízes culturais e, principalmente, de sua autonomia, poder de decisão e participação ativa no processo produtivo, favorecendo o local como foco de ação. Além de sustentar o manejo ecologicamente responsável dos recursos, constitui-se em um campo do conhecimento científico que pretende

estudar a atividade agrária, partindo de um enfoque holístico e de uma abordagem sistêmica (CAPORAL; COSTABEBER; PAULUS, 2009).

Para Caporal; Costabeber (2004), a Agroecologia é entendida como um "enfoque científico destinado a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencionais para estilos de desenvolvimento rural e de agriculturas sustentáveis". Sua prática propicia a obtenção de resultados econômicos favoráveis ao conjunto da sociedade, com uma perspectiva temporal de longo prazo, ou seja, uma agricultura sustentável. Assim sendo, a proposta da Agroecologia é vinculada a um marco político/ideológico estabelecido pela ética.

Diante desse cenário de mudança, torna-se imprescindível a maximização de práticas agrícolas sustentáveis com maior visibilidade e que repercutam um aprimoramento na eficiência no uso do solo, da água, de nutrientes e de fertilizantes, com o objetivo de promover a redução do desperdício, o aumento da produção e o retorno positivo ao meio ambiente e ao sistema socioeconômico.

### **3.1. Recuperação de pastagens degradadas**

A degradação de pastagens ocorre quando a área perde seu potencial de produtividade e a capacidade de se regenerar, alcançando baixos índices de produtividade e perda de vigor e qualidade, ficando susceptível a pragas e doenças, além de não suprir as necessidades alimentares dos animais (OLIVEIRA; CORSI, 2005; MAPA, 2012; SOUZA, 2015).

Segundo Macedo (1999), as principais causas da degradação são: espécie inadequada ao local; má formação inicial causada pela ausência ou mal uso de: práticas de conservação do solo, preparo do solo, correção da acidez e, ou, adubação, sistemas e métodos de plantio e manejo animal na fase de formação; no manejo e práticas culturais: uso de fogo como rotina, métodos, épocas e excesso de roçagens, ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção, ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras; no manejo animal; sistemas inapropriados de pastejo, ausência ou aplicação incorreta de práticas de conservação do solo após superpastejo (MACEDO, 1999; SOUZA, 2015; 2018).

Sistematicamente, as pastagens em estágio de degradação passam

despercebidas pelos produtores (Figura 6). Contudo, algumas características podem ser observadas, como a queda da produção de forragem, a redução da área de cobertura, o baixo índice de plantas novas, o aparecimento de espécies invasoras aumentando a competição por nutrientes e, também, o aumento nos processos erosivos (SOARES FILHO, 1993; SOUZA, 2021).



**Figura 6.** Pastagem em estágio avançado de degradação. Fonte: Arquivo pessoal (2016).

A recuperação de pastagens degradadas contribui para reduzir a emissão de GEE e aumenta os estoques de carbono do solo (ERI *et al.*, 2020), possibilitando maior quantidade de serapilheira e de matéria orgânica que exercem importante papel de reservatório de nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Algumas estratégias podem ser adotadas na recuperação de pastagens. Para isso é necessário que haja quantidade suficiente de plantas forrageiras: caso contrário, é recomendado que a pastagem seja renovada (CARVALHO, 1993). A recuperação efetiva depende do manejo fisiológico e adequado da forrageira, descanso e ocupação do pasto, da utilização de resíduos de pastejo adequados (Figura 7), da recomposição da fertilidade do solo, além do melhor aproveitamento da água evitando a recompactação do solo (OLIVEIRA; CORSI, 2005). Pastagens recuperadas agregam valor no uso da terra e trazem benefícios para a produção, indicando retorno em biodiversidade e

produtividade substanciais (IVERSEN *et al.*, 2019; WEINERT; WILLIAMS, 2018). Uma alternativa é a integração lavoura-pecuária que também pode ser um meio eficiente, reduzindo os custos na recuperação de pastagens (CARVALHO *et al.*, 2017).



**Figura 7.** Uso de dejetos da suinocultura na recuperação de pastagens: os locais de coloração verdes mais intensos são onde recebeu maior quantidade de dejetos. Fonte: Arquivo pessoal (2016).

A escolha da técnica de recuperação a ser utilizada depende da situação de degradação do solo, vigor e densidade de plantas forrageiras, disponibilidade de tempo e de recursos, considerando-se as condições climáticas da região (CARVALHO *et al.*, 2017). (Figura 8).



**Figura 8.** Recuperação e renovação de pastagens. Fonte: EMBRAPA (2013).

### 3.2. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs)

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é um sistema de produção heterogêneo caracterizando-se pela integração de atividades agrícolas, pecuárias e, ou, florestais. Este sistema é caracterizado pelo consórcio, rotação, sucessão e diversificação de culturas, buscando estratégias colaborativas sustentáveis entre os componentes de integração (KLUTHCOUSKI *et al.*, 1991; MARTINS; ROMARCO; SOUZA, 2013; MARTINS; SOUZA, 2013).

Os Sistemas Agroflorestais – SAFs fazem o uso e ocupação do solo, numa mesma unidade de manejo, associando espécies lenhosas com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, inclusive culturas agrícolas e forrageiras, proporcionando o enriquecimento das espécies e a interação entre elas (MAPA, 2012; LENZ *et al.*, 2019).

A implementação dos SAFs e IFPL podem ocorrer em diferentes modalidades: Integração-Lavoura-Pecuária (Agropastoril); Lavoura-Pecuária-Floresta (Agrossilvipastoril); Pecuária-Floresta (Silvipastoril); e Lavoura-Floresta (Silviagrícola) (FERNANDES; FINCO, 2014; SULC; FRANZLUEBBERS, 2014) (Figura 9).



**Figura 9.** Animais em sistema de manejo em ILPF Fonte: EMBRAPA (2013).

Assim, cada modelo possui suas particularidades e são escolhidas conforme a finalidade desejada, sendo, portanto, uma alternativa para aumentar a diversificação de espécies e melhorar as condições do solo, à proporção que o monocultivo contínuo pode aumentar a degradação ambiental e reduzir a qualidade do solo (PEZARICO *et al.*, 2013) (Figura 10).

Tanto o SAF quanto o ILPF são importantes aliados na geração de renda no campo e bem-estar social, na adoção de boas práticas agropecuárias e na valorização dos serviços ambientais (BONAUDO *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2018). Além disso, oferecem retorno para o ecossistema na recuperação de áreas degradadas; na manutenção da cobertura vegetal; na conservação de recursos naturais (solo, água, matéria orgânica e agentes biológicos do solo) (PEZARICO *et al.*, 2013; LEMAIRE *et al.*, 2014); no crescimento de agentes polinizadores e controle de pragas e doenças (BOINOT *et al.*, 2019; KAY *et al.*, 2019); fixação do carbono e nitrogênio, redução das emissões de GEE e na reciclagem de nutrientes (TORRES *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2018; ESTEVES *et al.*, 2018).



**Figura 10.** Plantios de SAF com seringueira, cacau e banana; maracujá cultivado entrelinhas de seringueira. Fonte: Bernardes (2008).

### 3.3. Sistema de Plantio Direto (SPD)

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é definido como o conjunto de processos tecnológicos direcionados a revolucionar e explorar sistemas agrícolas produtivos, visando aumentar a produtividade, de modo a reduzir revolvimento do solo (apenas em linha ou cova de semeadura) para preservação de sua capacidade produtiva e minimizando a perda da cobertura.

No geral, o SPD está associado a métodos agrícolas conservacionistas, apesar de também ser utilizado em manejos agroecológicos, pois contribui para a conservação do solo, dos recursos hídricos, maximizando a eficiência da adubação, calagem e da matéria orgânica, reduzindo a erosão, o uso de agroquímicos e GEE para potencializar o custo/benefício e a resistência do solo e outros recursos naturais (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998; KOCHHANN; DENARDIN, 2000; BLANCO-CANQUI; WORTMANN, 2020).

O Plantio Direto manejado em longo prazo apresenta condições biológicas, físicas e químicas favoráveis para o solo e o desenvolvimento de plantas, apresentando maiores teores de matéria orgânica, proteína, respiração, disponibilidade de água, infiltração no solo, além de maiores concentrações de N, nutrientes e pH ideal, indicando melhoria significativa no bem-estar do solo e na produtividade das culturas (NUNES *et al.*, 2018).

Em regiões subúmidas e semiáridas os efeitos do preparo do solo e sequências de culturas sob plantio direto e pastejo nas propriedades do solo e na produtividade de milho, trigo, girassol ou soja, tiveram efeitos positivos no teor de C orgânico do solo na produtividade das culturas e, também, no manejo do solo com plantio direto e a rotação de pastagens (DÍAZ-ZORITA; DUARTE; GROVE, 2002; DU *et al.*, 2017).

Diante da ineficiência dos métodos de produção em larga escala atuais, o SPD surge como uma alternativa sustentável para uma produção mais limpa, eficiente, com lucratividade econômica e baixo impacto ambiental (DANG *et al.*, 2015; YADAV *et al.*, 2020) (Figura 11).



**Figura 11.** Sistema Plantio Direto. Fonte: Acervo FEBRAPDP (2020).

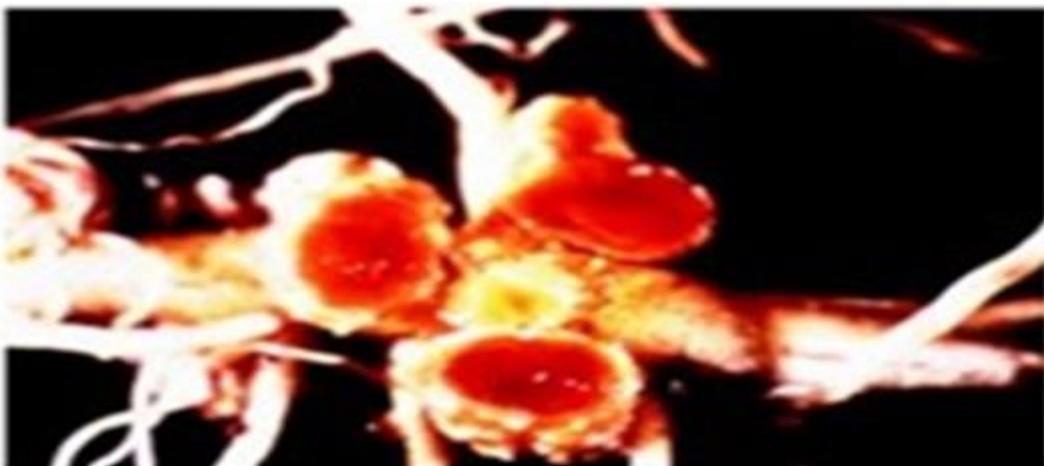
### 3.4. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A produção agrícola é dependente de N - é um fator limitante para o cultivo e o desenvolvimento das plantas. Ainda que cerca de 78% da atmosfera seja composta por esse elemento, poucos microrganismos possuem a capacidade de sua conversão em formas assimiláveis para as plantas, ao qual dá-se o nome de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) (HUANG *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2019).

A FBN ocorre nas raízes, especificamente, nos nódulos, por meio de bactérias fixadoras da família Rhizobiaceae (rizóbios) ao qual possuem afinidade simbiótica com espécies de leguminosas, captando o N da atmosfera e o transformando em formas absorvíveis (nitrato e amônia) para as plantas (REJILI *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2020).

O uso de FBN é reconhecido pelo aumento da produtividade, elevação da matéria orgânica e por melhorar a fertilidade do solo (KERMAH *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2020). Não obstante, a FBN é uma opção sustentável e economicamente viável para o desenvolvimento de cultivos agrícolas, a fim de reduzir os custos com fertilizantes sintéticos, minimizar os impactos ao meio ambiente e aumentar a eficiência do uso de N<sub>2</sub> (SMITH *et al.*, 2020) (Figura 12).

Esse processo é de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, uma vez que o N é componente das cadeias de RNA, DNA e proteínas, atuando diretamente em processos fotossintéticos e no desenvolvimento radicular (GARCIA; CARDOSO; SANTOS, 2013; YUAN *et al.*, 2017).



**Figura 12.** Coloração interna rósea de um nódulo ativo pela presença de leg-hemoglobina. Fonte: Hungria; Campo; Mendes (2001).

### 3.5. Florestas plantadas

O cultivo de florestas plantadas ocorre há mais de cem anos no Brasil, sendo impulsionado nos anos da década de 1970 pelos incentivos fiscais do governo visando o reflorestamento. As principais espécies plantadas no país são Eucalipto, Pinus, Acácia, Seringueira, Teca, Paricá, Cedro, Mogno-Africano e Araucária (SNIF, 2020).

O Brasil ocupa o 9º lugar no ranking mundial dos maiores produtores de madeira serrada do mundo, com cerca de 9,9 milhões de m<sup>3</sup> por ano (FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2019). Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a área total de árvores plantadas totalizou 9,0 milhões de hectares, um aumento de 2,4% em relação a 2018 (8,79 milhões de hectares, considerando o ajuste conforme nova metodologia).

Desse total, a maioria (77%) é representada pelo cultivo de eucalipto, com 6,97 milhões de hectares; e 18% de pinus, com 1,64 milhão de hectares. Essa grande concentração de floresta plantada está nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, que respondem, respectivamente, por 28%, 17% e 16% do valor que corresponde mais da metade da produção total do Brasil, impulsionadas pelo setor de florestas plantadas (IBGE, 2020).

É importante ressaltar os impactos negativos gerados pela monocultura do eucalipto e do pinus. O povoamento por *Pinus* spp. considerado “extremamente monocultural específico”, impede a instalação de outras formas de vegetação. A deposição de serapilheira de lenta decomposição prejudica a germinação de espécies nativas, transforma ecossistemas abertos em ecossistemas fechados e a perda de biodiversidade (KOCH; HENNKES, 2013).

Entretanto, essa espécie contribui com as formações florestais produtivas. Os reflorestamentos com espécies do gênero *Pinus* também é significativa na conservação do solo, como cultura de longo prazo e como atividade de baixo impacto ambiental (SOUZA; SOUZA; LUCCHESI, 1982).

O eucalipto, quando plantado em grande escala, acelera o processo de desequilíbrio ambiental, tais como: desertificação do clima e do solo, maior exposição do solo à erosão, redução da biodiversidade, especialização da atividade produtiva e transformação da paisagem (BARROS; CAMPOS, 2011). Entretanto, em SAFs o uso do eucalipto para o sombreamento do café tem se

tornado uma prática viável como quebra-vento: o sombreamento melhora a eficiência do uso da radiação e da água (BERNARDES, 2008).

Outro ponto importante sobre o cultivo de florestas é a eficiência no sequestro de carbono em razão do acúmulo de carbono na madeira e o aumento do estoque no solo. Segundo Pulrolnik (2013), a dinâmica da matéria orgânica do solo, por sua vez, é influenciada pelo clima, cobertura florestal, tipo de solo, uso e manejo. Também pode ser considerada como dreno ou fonte de carbono atmosférico. Para que o carbono seja acumulado no solo deverá ocorrer a adição de resíduos vegetais. Já a sua transformação para matéria orgânica e humificação ocorrem por meio de processos físicos, químicos e ações biológicas de microrganismos, fungos e fauna.

No geral, florestas plantadas têm como principal benefício ambiental a redução da derrubada das matas nativas, o reaproveitamento de terras que sofreram intensa degradação por ações antrópicas, o aumento do sequestro de carbono e a proteção do solo e da água (SHIGAEVA; DARR, 2020). Quando implantadas com um bom sistema de manejo e com um eficiente Sistema de Gestão Ambiental, estas culturas funcionam como medidas preventivas e de redução dos impactos das atividades sobre o ecossistema original (Figura 13).



**Figura 13.** Plantio de eucalipto como quebra vento na cultura de café e pinus para a proteção do solo e fonte de renda familiar. Fonte: Bernardes (2008) esquerda. Georgin (2014) direita.

### 3.6. Tratamento de dejetos animais

Um grande empecilho encontrado na pecuária é a destinação final dos dejetos de animais que causam poluição e impactos significativos ao meio ambiente (SHEN *et al.*, 2017). O tratamento adequado dos dejetos é de suma importância, pois se for descartado de maneira inadequada causa impacto direto nos cursos hídricos, no solo e na emissão de GEE, trazendo risco ao meio ambiente e a saúde humana (FERREIRA *et al.*, 2018; KHALIL *et al.*, 2019).

Porém, se for tratado adequadamente, os dejetos podem se tornar um grande aliado para o produtor possibilitando fomentar a renda familiar por meio da geração de energia automotiva, térmica e até mesmo elétrica com a utilização do biogás. Além do mais, a utilização de tecnologias de biodigestão reduzem insumos agroquímicos e podem ser convertidas em fertilizantes, ocasionando, portanto, a queda nas emissões de GEE.

Em regiões com alta incidência no setor pecuário os resultados podem ser ainda mais evidentes (OLIVEIRA *et al.*, 2020), uma vez que dejetos animais, em especial estrume, influenciam no controle de pragas, melhorando o solo, a matéria orgânica, a retenção de água e no apoio a decompositores e redução de CO<sub>2</sub> (SANTOS *et al.*, 2018; ROWEN *et al.*, 2019) (Figura 14 e 15).



**Figura 14.** Tratamentos dos dejetos de animais por meio de biodigestores.  
Fonte: AGROEMDIA (2019).



**Figura 15.** Lagoas anaeróbicas recebendo dejetos da suinocultura no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG.

#### **4. Considerações finais**

Devido ao crescimento da população mundial, ocorreu o aumento da demanda global por alimentos e outros serviços. A produção em larga escala na agricultura e a expansão da pecuária tem contribuído com os processos de degradação ambiental. O planeta já demonstra as consequências das ações antrópicas, tais como: aumento da temperatura, derretimento das geleiras, queimadas, desmatamento, escassez da água potável, uso indiscriminado de agrotóxicos/produtos químicos e o aumento da desigualdade social.

Esses aspectos e processos impactantes tendem aumentar: uma vez que não há políticas populacionais efetivas acompanhadas de um planejamento familiar na maioria dos países, principalmente, nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

A agropecuária deve atuar em consonância às políticas públicas com o objetivo de buscar ativamente parcerias com diversos atores da sociedade. Deve usar em seus processos de gestão e de pesquisa, os avanços tecnológicos na área de tecnologia da informação de forma a minimizar os efeitos negativos e promoção da qualidade de vida da população.

A sustentabilidade dos recursos naturais deve atender ao respaldo da Constituição Federal de 1988 em seu 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 as presentes e futuras gerações”. Uma política de sustentabilidade deve ser pensada de forma ampla e interdisciplinar: agir localmente e pensar globalmente de acordo com a Agenda 21.

Assim sendo, as questões explanadas nessa pesquisa está longe de uma solução em curto e médio prazo - o tema é amplo e com várias especificidades. O desafio do desenvolvimento sustentável na agropecuária exige adoção de múltiplas estratégias e interdisciplinaridade. As políticas públicas precisam se adequar à nova realidade contemporânea e adotar medidas socioambiental e econômica para a realidade de cada região.

Nesse sentido, é fundamental contar com assistência técnica e informação sobre as práticas e benefícios que possam ser usufruídos de programas, como o Plano ABC, assim como informar aos agricultores a forma mais eficiente de utilizar o financiamento disponível em seu estabelecimento. O produtor será, então, capaz de reduzir os impactos ambientais negativos e suas externalidades, bem como aumentar a produção agropecuária em bases sustentáveis, com a real possibilidade de ampliar os rendimentos provenientes de suas atividades.

## 5. Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pela contribuição ao meu aprendizado e crescimento.

Ao meu orientador Dr. Maurício Novaes Souza pela dedicação e correção do texto.

Aos docentes que sempre demonstraram engajamento e incentivo aos alunos a persistirem em seus projetos de vida.

Ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Sustentabilidade, por promover a minha visibilidade em relação aos problemas socioambientais e as possibilidades de mudança.

## 6. Referências bibliográficas

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Perfil da pecuária no Brasil**. BeefREPORT, 50 p., 2020.

ADEGBEYE, M. J. *et al.* Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118-132, 2020.

ANDRADE, R. G. *et al.* Pasture evapotranspiration as indicators of degradation in the Brazilian Savanna: a case study for Alto Tocantins watershed. **Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVI**, v. 9239, p. 92391Z, 2014.

AGRO em DIA. **Com tratamento de dejetos animais, Brasil supera metas na pecuária sustentável**, 2019. Disponível em: <https://agroemdia.com.br/2019/12/20/com-tratamento-de-dejetos-animais-brasil-supera-metas-na-pecuaria-sustentavel>. Acesso em: 24 mar. 2021.

ARIAS, M. E. *et al.* Impacts of climate change and deforestation on hydropower planning in the Brazilian Amazon. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 6, p. 430-436, 2020.

ARRAES, R. de A. E.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

AUGUSTO, L. G. S.; CARNEIRO, F. F.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dossiê Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde: agrotóxicos, saúde, ambiente e sustentabilidade**. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012.

BALL, P. Acting on the global food crisis. **The Lancet**, v. 386, n. 10000, p. 1231, 2015.

BARROS, C. J.; CAMPOS, A. (Colab.) **“DESERTO VERDE” – Os impactos do cultivo de eucalipto e pinus no Brasil**. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego de Santa Catarina, p.1-25, 2011.

BARTIZ, M. L. C. *et al.* **Sistema Plantio Direto: o passado mais presente do que nunca!** Disponível em: <https://febrapdp.org.br/noticias/904/sistema-plantio-direto-o-passado-mais-presen-te-do-que-nunca>. Acesso em: 19 mar. 2021.

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

BEDDINGTON, J. R. *et al.* What Next for Agriculture After Durban? **Science**, v. 335, n. 6066, p. 289-290, 2012.

BERNARDES, M. S. **Sistemas Agroflorestais**. In: XXXIII SECITAP. Jaboticabal: UNESP, Palestra. 2008.

BLANCO-CANQUI, H.; WORTMANN, C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. **Soil and Tillage Research**, v. 198, p. 104-134, 2020.

BOINOT, S. *et al.* Distribution of overwintering invertebrates in temperate agroforestry systems: Implications for biodiversity conservation and biological control of crop pests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 285, p. 106-130, 2019.

BONAUDO, T. *et al.* Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 43-51, 2014.

BRANCO, S. M. Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambiente. **Estudos Avançados**, v. 9, n. 23, p. 217-233, 1995.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: **Senado Federal: Centro Gráfico**, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 1989.

BRINKMAN, M. L. J. *et al.* Interregional assessment of socio-economic effects

of sugarcane ethanol production in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 88, p. 347-362, 2018.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia**: uma ciência do campo da complexidade. Brasília: MDS/Embrapa, 2009.

CAPRA, F. **The Web of Life**: The New Scientific Understanding of Living Systems. New York: Anchor, 1996. 347p.

CARVALHO, L. R. *et al.* Nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi*) cv. Belmonte subjected to grazing regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 278, p. 96-106, 2019.

CARVALHO, M. M. **Recuperação de pastagens degradadas**. Coronel Pacheco: [s.n.], 1993.

CARVALHO, W. T. V. *et al.* Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.

CONASQ - Comissão Nacional de Segurança Química. 2003. **Perfil nacional da gestão de substâncias químicas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

COSTA, T. V. da; VENZKE, T. S. L. Regeneração natural em Mata de Restinga em área de pecuária extensiva no Município de Pelotas, extremo Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 339-347, 2017.

COSTA, M. P. *et al.* A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1460-1471, 2018.

DANG, Y. P. *et al.* Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: II. Implications for agronomy, soil and environment. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 115-123, 2015.

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G. A.; GROVE, J. H. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. **Soil and Tillage Research**, v. 65, n. 1, p. 1-18,

2002.

DU, Z. *et al.* The effect of no-till on organic C storage in Chinese soils should not be overemphasized: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 236, p. 1-11, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trajatória da agricultura brasileira - Uma viagem ao passado para pensar no futuro**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 10 ago. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Integração Lavoura-Pecuária: uma proposta de produção sustentável para a região do Cerrado, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/9418/integracao-lavoura-pecuaria-uma-proposta-de-producao-sustentavel-para-a-regiao-do-cerrado>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ERI, M. *et al.* Capitalizing on opportunities provided by pasture sudden death to enhance livestock sustainable management in Brazilian Amazonia. **Environmental Development**, v. 33, p. 1074-1099, 2020.

ESTEVES, E. M. M. *et al.* Greenhouse gas emissions related to biodiesel from traditional soybean farming compared to integrated crop-livestock systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 81-92, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

FERNANDES, M. da S.; FINCO, M. V. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária e políticas de mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 182-190, 2014.

FERREIRA, A. *et al.* Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 3081-3089, 2018.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n.

53, p. 157-166, 2005.

FUGLIE, K. O. Is agricultural productivity slowing? **Global Food Security**, v. 17, p. 73-83, 2018.

GALLOWAY, J. N. *et al.* Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. **Science**, v. 320, n. 5878, p. 889-892, 2008.

GARCIA, G.; CARDOSO, A. A.; SANTOS, O. A. M. dos. Da escassez ao estresse do planeta: um século de mudanças no ciclo do nitrogênio. **Química Nova**, v. 36, n. 9, p. 1468-1476, 2013.

GEORGIN, J. Plantio de *Pinus elliottii* em pequenas propriedades rurais no norte do Rio Grande do Sul. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 14, n. 3, p. 3341-3345, 2014.

GERBER, P. J. *et al.* **Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

GIGUET-COVEX, C. *et al.* Long livestock farming history and human landscape shaping revealed by lake sediment DNA. **Nature Communications**, v. 5, n. 3211, p. 1-7, 2014.

GODFRAY, H. C. J.; GARNETT, T. Food security and sustainable intensification. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 369, n. 20120273, p. 6-11, 2014.

GUZHA, A. C. *et al.* Effects of conversion of native cerrado vegetation to pasture on soil hydro-physical properties, evapotranspiration and streamflow on the Amazonian agricultural frontier. **PLoS ONE**, v. 12, n. 6, p. 1-22, 2017.

HUANG, J. *et al.* Responses of soil nitrogen fixation to *Spartina alterniflora* invasion and nitrogen addition in a Chinese salt marsh. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-8, 2016.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, L. C. G. S. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura de soja**, Embrapa Londrina, Circular Técnica, n. 35, p. 15, 2001.

HUNKE, P. *et al.* The Brazilian Cerrado: Assessment of water and soil

degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8, n. 6, p. 1154-1180, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA**, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html?=&t=destaques>. Acesso em: 10 ago. 2020.

INPE. **A área de vegetação nativa suprimida no Bioma Cerrado no ano de 2019 foi de 6.484 km<sup>2</sup>**, 2019. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias-obt-inpe/a-area-de-vegetacao-nativa-suprimida-no-bioma-cerrado-no-ano-de-2019-foi-de-6-484-km2>. Acesso em: 3 ago. 2020.

INPE. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**, 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 3 ago. 2020.

IVERSEN, E. K. *et al.* Moving (back) to greener pastures? Social benefits and costs of climate forest planting in Norway. **Land Use Policy**, n. 1430, p. 104390, 2019.

JOBIM, P. F. C. *et al.* Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 277-288, 2010.

KASTNER, T. *et al.* Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 18, p. 6868-6872, 2012.

KAY, S. *et al.* Agroforestry is paying off – Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. **Ecosystem Services**, v. 36, 2019.

KERMAH, M. *et al.* N<sub>2</sub>-fixation and N contribution by grain legumes under different soil fertility status and cropping systems in the Guinea savanna of northern Ghana. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 261, p. 201-

210, 2018.

KHALIL, M. *et al.* Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 105, p. 323-331, 2019.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* **Renovação de pastagens de cerrado com arroz: I. Sistema Barreirão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. Disponível em: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/1907/1/doc\\_33.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/1907/1/doc_33.pdf). Acesso em: 12 maio 2019.

KOCH, M. M.; HENKES, J. A. A interferência das plantações de pinus spp nos ecossistemas dos Campos de Cima da Serra, RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 64-91, 2013.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e Manejo do Sistema Plantio Direto**. 1ª Edição ed. Passo Fundo/RS: Embrapa Trigo, 2000.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 1, p. 27-36, 2015.

LEITE-FILHO, A. T.; COSTA, M. H.; FU, R. The southern Amazon rainy season: The role of deforestation and its interactions with large-scale mechanisms. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 4, 2020.

LEITE, J. R. M.; AYALA, P. DE A. A transdisciplinaridade do direito ambiental e a sua equidade intergeracional. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 21, n. 41, p. 113-136, 2000.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4–8, 2014.

LENZ, A. M. *et al.* Expansion of eucalyptus energy plantations under a Livestock-Forestry Integration scenario for agroindustries in Western Paraná, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 98, n. October 2018, p. 39-48, 2019.

MACEDO, C. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. Simpósio sobre sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPGL, 1999.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – PLANO ABCMapa**, 2012. Brasília/DF: [s.n.]. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2020.

MARTINS, M. C.; SOUZA, M. N. Uma análise das variáveis do desenvolvimento rural sustentável no uso da Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF) em municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Multifuncionalidades sustentáveis no campo: **Agricultura, pecuária e florestas**, v.5, p.10-15, 2013. Disponível em: <http://www.simbras-as.com.br>.

MARTINS, M. C.; ROMARCO, M. L.; SOUZA, M. N. Uma análise da implantação da integração lavoura pecuária floresta (ILPF) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da UFV**, v. 4, p. 154-163, 2013.

NUNES, M. R. *et al.* No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. **Geoderma**, v. 328, p. 30-43, 2018.

OLIVEIRA, A. C. L. de *et al.* Evaluation of Brazilian potential for generating electricity through animal manure and sewage. **Biomass and Bioenergy**, v. 139, p. 105-113, 2020.

OLIVEIRA, L. J. C. *et al.* Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 2, p. 21-24, 2013.

OLIVEIRA, O. C. de. *et al.* Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 289-300, 2004.

OLIVEIRA, P. P. A.; CORSI, M. **Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos Circular Técnica-Embrapa**, 2005. São Carlos, SP: [s.n.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPSE/15659/1/Circular38.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2020

ONU. Organização das Nações Unidas. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu#:~:text=17%20Junho%202019>. Acesso em: 6 ago. 2020.

PEARCE, D. W.; BARBIER, E.; MARKANDIA, A. **Sustainable development and cost-benefit analysis**. London: London Environmental Economics Center, 1988. 425p.

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

PULROLNIK, K. **O estoque de carbono no solo em floresta de eucalipto e ILPF**. 2013. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/5-o-estoque-de-carbono-no-solo-em-floresta-de-euca/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

PURSER, R. E. From global management to global appreciation: a transformative epistemology for a perspective world. **Organization & Environment**, v. 10, n. 4, p.361-383, 1997.

PEZARICO, C. R. *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. Revista de Ciências Agrárias - **Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

PLANO ABC. **Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/Resumo\\_daadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/Resumo_daadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf). Acesso em: 02 mar. 2021.

PLANO ABC. **Agricultura de baixo carbono faz 10 anos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57277971/agricultura-de-baixo-carbono--plano-abc-faz-10-anos>. Acesso em: 03 mar. 2021.

RAJÃO, R.; CARVALHO, E. B. DE; MERRY, F. Appropriations, conflicts and

subversions: the social construction of the Brazilian Forest Code. Tapuya: **Latin American Science, Technology and Society**, p. 1-20, 2020.

RATTER, J. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

REJILI, M. *et al.* Symbiotic nitrogen fixation of wild legumes in Tunisia: Soil fertility dynamics, field nodulation and nodules effectiveness. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 157, p. 60-69, 2012.

RIPPLE, W. J. *et al.* World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. **BioScience**, v. 67, n. 12, p. 1026-1028, 2017.

ROWEN, E.; TOOKER, J. F.; BLUBAUGH, C. K. Managing fertility with animal waste to promote arthropod pest suppression. **Biological Control**, v. 134, p. 130-140, 2019.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto - 500 perguntas, 500 respostas**. 1ª edição ed. Brasília/DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998.

SANTANA, V. S.; MOURA, M. C. P.; NOGUEIRA, F. F. e. Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000-2009, Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 598-606, 2013.

SANTOS, I. F. S. dos. *et al.* Assessment of potential biogas production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 131, p. 54-63, abr. 2018.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Por que a produção de alimentos depende tanto de agrotóxicos?** 2019. Disponível em: <http://www2.senar.com.br/Noticias/Detail/12415>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SILVA, D. D. E; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares, PB. **Revista HOLOS**, v. 8, p.148-165, 2015.

SILVA, R. de O. *et al.* Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 493-497, 2016.

SINGH, B. R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil processes and water quality: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p.233-271.

SIQUEIRA, D. F. de. *et al.* Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 26, n. 2, p. 182-191, 2013.

SHEN, Y. *et al.* An environmental friendly animal waste disposal process with ammonia recovery and energy production: Experimental study and economic analysis. **Waste Management**, v. 68, p. 636-645, 2017.

SHIGAEVA, J.; DARR, D. On the socio-economic importance of natural and planted walnut (*Juglans regia* L.) forests in the Silk Road countries: A systematic review. **Forest Policy and Economics**, v. 118, p. 102-133, 2020.

SMITH, J. *et al.* Potential yield challenges to scale-up of zero budget natural farming. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 247-252, 2020.

SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. **As Florestas Plantadas**. Disponível em: <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/florestas-plantadas/405-as-florestas-plantadas?modal=1&tipo=tableau>. Acesso em: 21 ago. 2020.

SOARES FILHO, C. V. Tratamentos físico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. Encontro sobre recuperação de pastagens. **Anais...** Nova Odessa/SP: IZ, 1993

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

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

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021. 133p.

SOUZA, M. L. P.; SOUZA, D. M. P.; LUCCHESI, L. A. C. Retenção de água em duas unidades de solos sob floresta de *Pinus elliottii* e campo nativo. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 4, p. 17-22, 1982.

SPADOTTO, C. A. *et al.* **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos**: princípios e recomendações. (Documentos 42) Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.

SPERA, S. A.; WINTER, J. M.; PARTRIDGE, T. F. Brazilian maize yields negatively affected by climate after land clearing. **Nature Sustainability**, v. 4, 2020.

STEPHENS, L. *et al.* Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use. **Science**, v. 365, n. 6456, p. 897-902, 2019.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* No When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 84-97, 2014.

SULC, R. M.; FRANZLUEBBERS, A. J. Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. **European Journal of Agronomy**, v. 57, n. 2013, p. 21–30, 2014.

SUTTON, M. A. *et al.* Towards a climate-dependent paradigm of ammonia emission and deposition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 368, n. 1621, p. 201-216, 2013.

TORRES, C. M. M. E. *et al.* Sistemas Agroflorestais no Brasil: Uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 235, 2014.

TRIGUEIRO, A. (org.). **Meio ambiente no século 21**. 4. ed. Editora Sextante. Rio de Janeiro, 2003, p. 367.

UWIZEYE, A. *et al.* Nitrogen emissions along global livestock supply chains. **Nature Food**, v. 1, p. 1-10, 2020.

WEID, J. M. **A promoção do desenvolvimento rural sustentável e o papel do movimento sindical dos trabalhadores e trabalhadora rurais:**

Comentários e subsídios ao documento base para o VII Congresso Nacional dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais. Brasília: Contag, 1997.

WEINERT, J. R.; WILLIAMS, C. A. Recovery of Pasture Forage Production Following Winter Rest in Continuous and Rotational Horse Grazing Systems. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 70, p. 32-37, 2018.

WITHERS, P. J. A. *et al.* Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

XU, H. *et al.* Soil nitrogen concentration mediates the relationship between leguminous trees and neighbor diversity in tropical forests. **Communications Biology**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2020.

YADAV, G. S. *et al.* No-till and mulching enhance energy use efficiency and reduce carbon footprint of a direct-seeded upland rice production system. **Journal of Cleaner Production**, v. 271, p. 122-129, 2020.

YUAN, S. L. *et al.* RNA-Seq analysis of nodule development at five different developmental stages of soybean (*Glycine max*) inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* strain 113-2. **Scientific Reports**, v. 7, n. February, p. 1-14, 2017.

ZHAO, Y. *et al.* Effect of root interaction on nodulation and nitrogen fixation ability of alfalfa in the simulated alfalfa/triticale intercropping in pots. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.

## **Autores**

João Otávio da Silva Malaquias, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Maria Amélia Bonfante da Silva, Priscilla Moreira Curtis Peixoto, Maurício Novaes Souza\*, Credigar Gonçalves Moreira, Hilton Moura Neto, Alex Justino Zacarias, César Santos Carvalho, Rodolpho Torezani

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)