

---

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

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

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

### Resumo

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

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

## 1. Introdução

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

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

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

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

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

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

**Quadro 1.** Crescimento da população mundial

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fonte: Modificado de Postel, 1997.

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

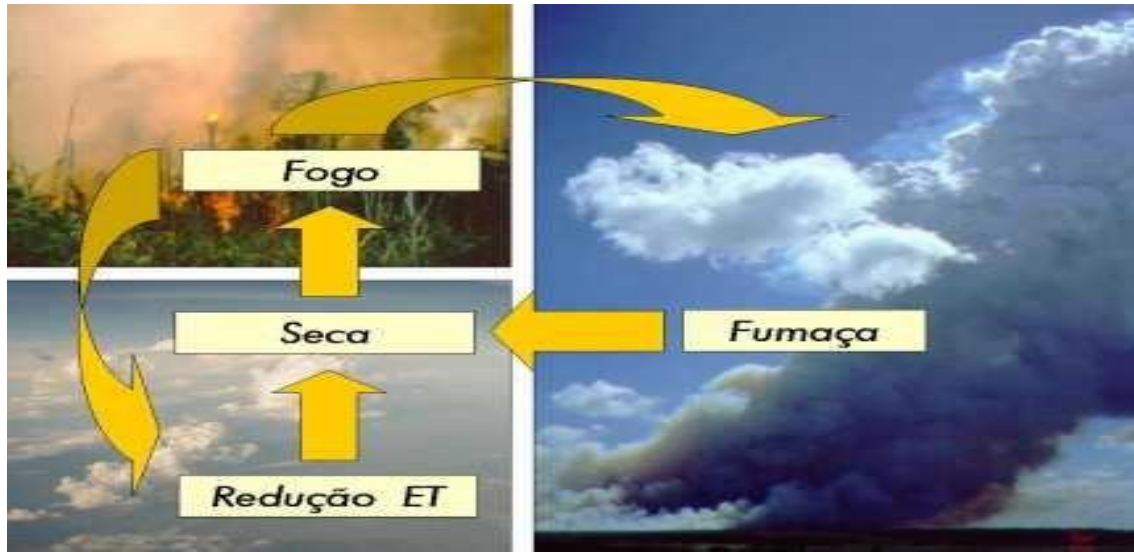
Além disso, ao longo da história, o descuido humano em relação aos recursos naturais, como nas atividades agropecuárias, tem exacerbado essa situação. Em um estágio primitivo e, em alguns casos, até os dias atuais, muitas práticas se basearam no extrativismo predatório, envolvendo a derrubada de florestas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



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

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

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



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

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

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

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

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

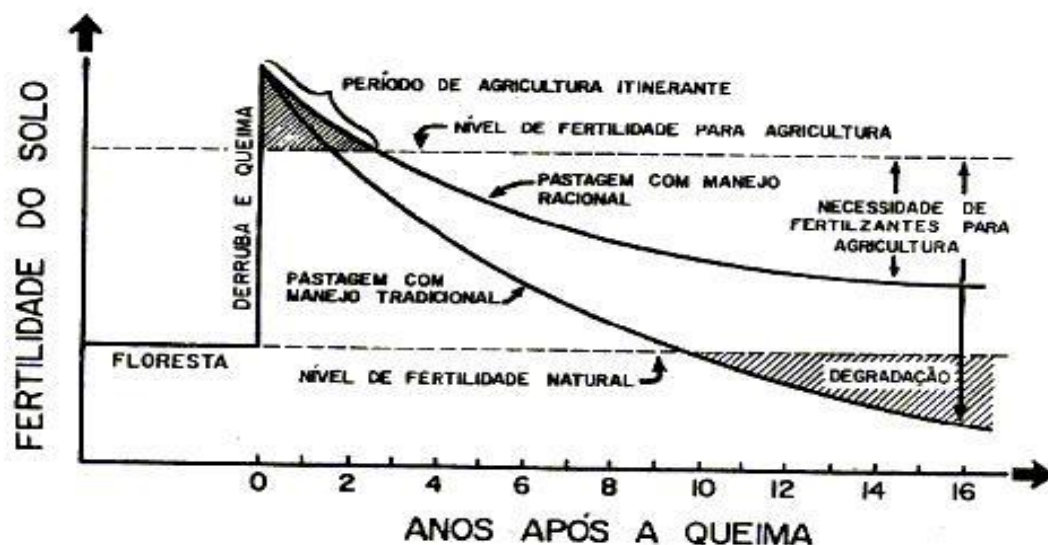
Em levantamento realizado por UNICA (2008), e EMBRAPA (2018), aproximadamente 30% (cerca de 260 milhões de hectares) do território brasileiro é ocupado por atividades agrícolas, incluindo pastagens (cerca de 200 milhões de hectares – em torno de 160 milhões em 2022), cultivo de soja (cerca de 23 milhões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

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

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

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

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



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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

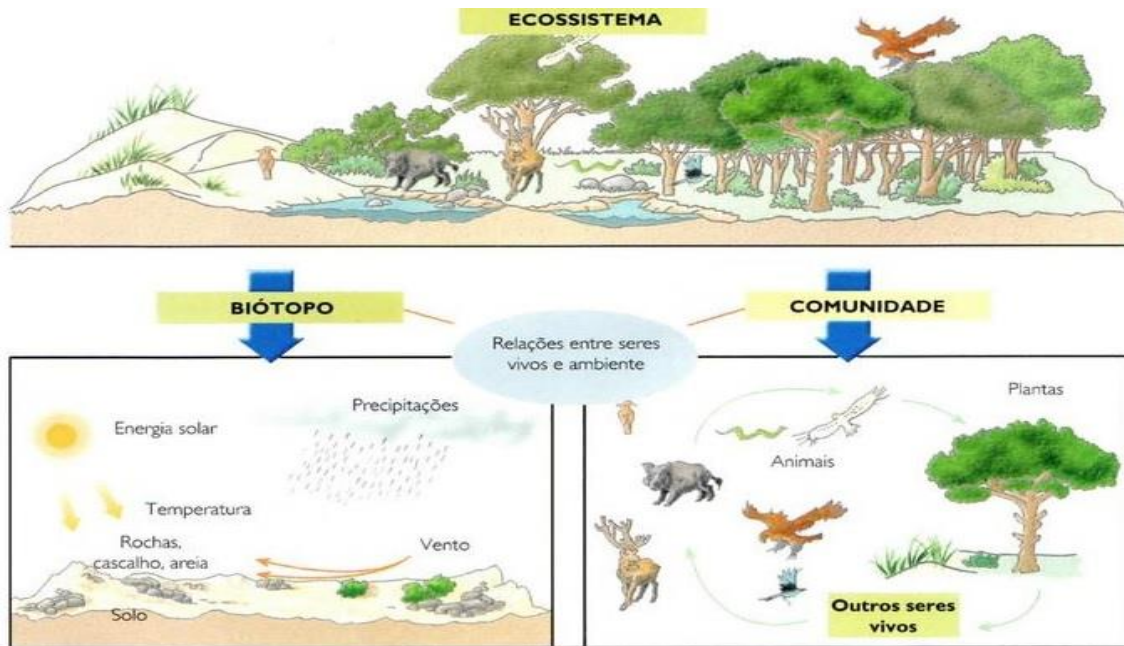
## 2. O capital natural

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

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

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

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



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

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

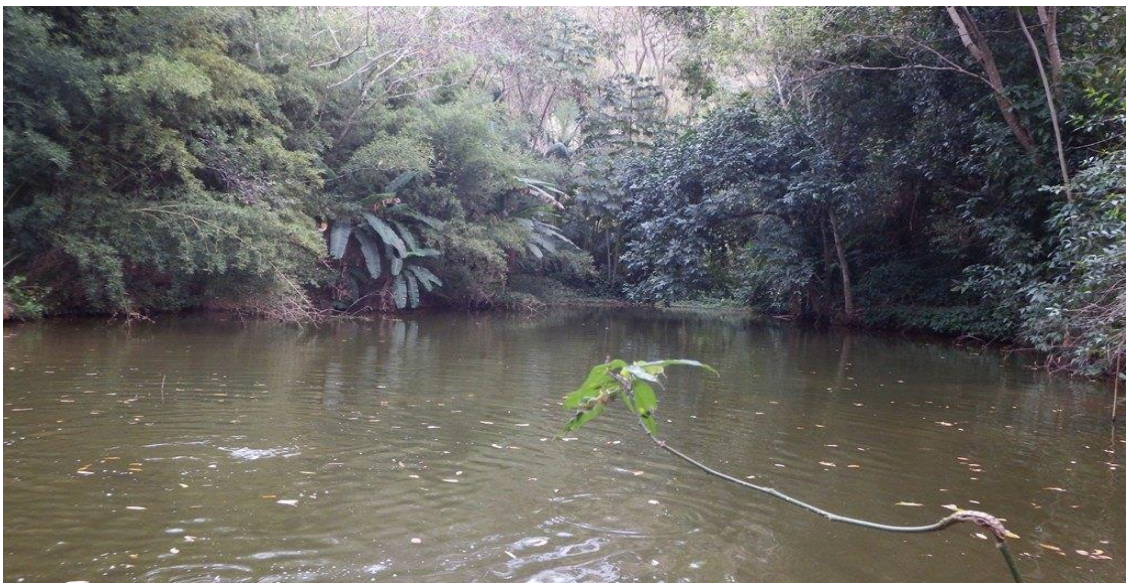


**Figura 8.** Perfil de um ecossistema formado pela mata ciliar e um riacho de água doce. Fonte: Adaptado de Divigneaud, 1974.

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

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

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

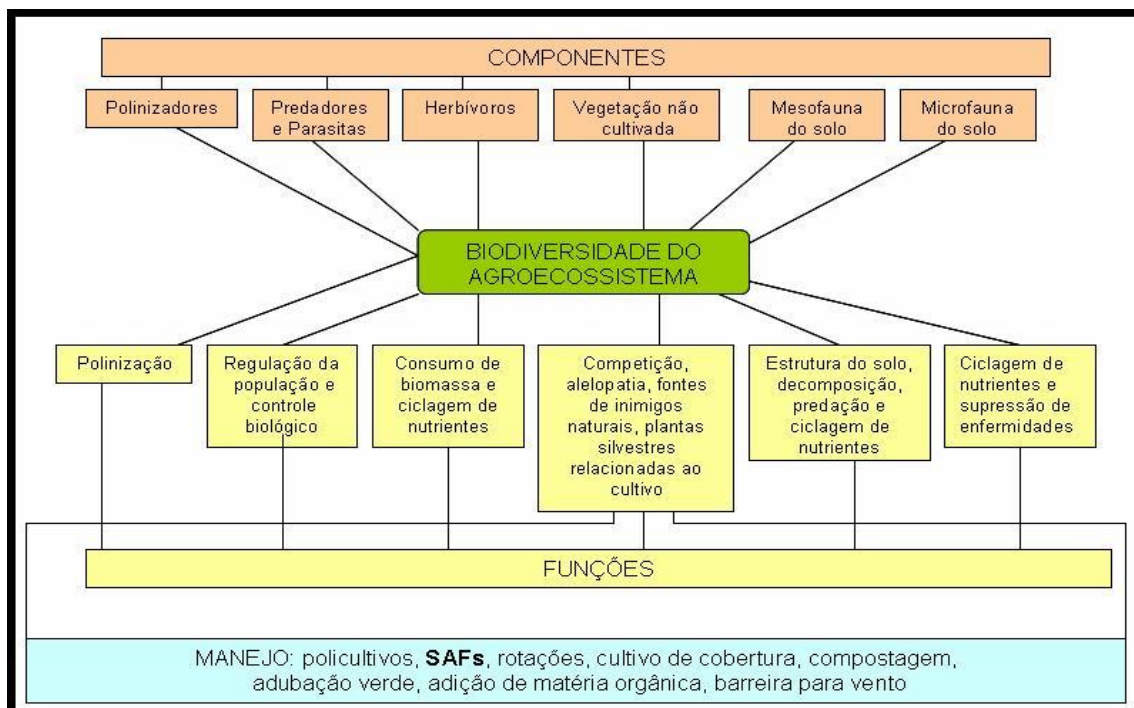


**Figura 9.** Ecossistema formado pela mata ciliar em uma represa de água doce.

Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

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

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



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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4. Externalidades**

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

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

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

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

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

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

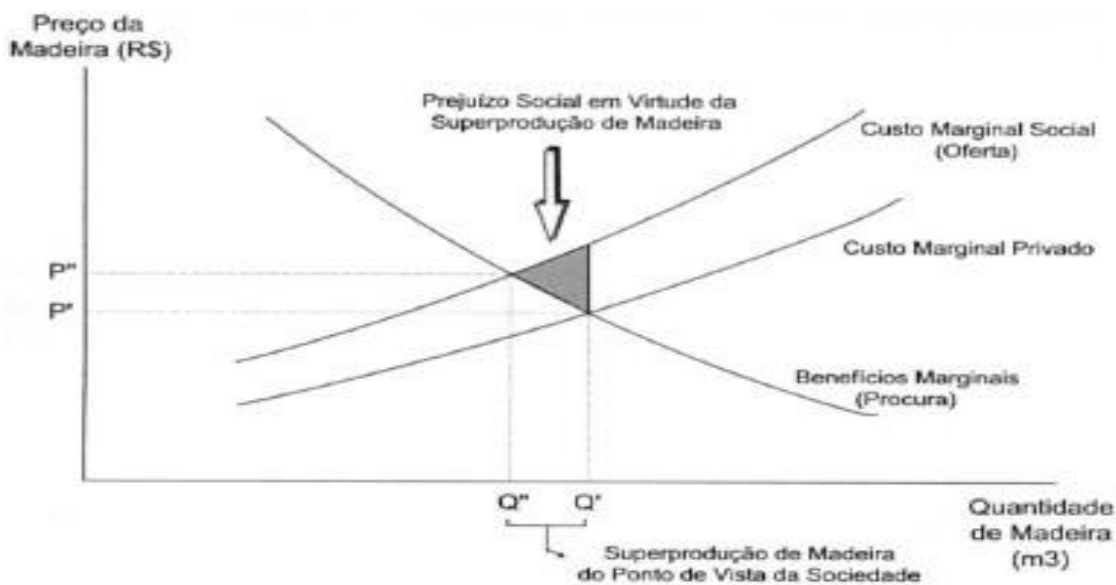
de apropriação comum), quais sejam, os bens ambientais - de espaços e recursos (CONTADOR, 1981; BELLIA, 1996; DIEGUES, 1997).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

## 5. Fatores de desequilíbrio

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 6. Propostas alternativas e agroecológicas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **7. Considerações**

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

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



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

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

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

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

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

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

## 8. Referências

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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