

## CAPÍTULO 4: CONCILIANDO A AGRICULTURA E A MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

**Como citar:** Balieiro, F. C., Pereira, H. S., Loyola, R., Tonin, A. M., Augusto, D. C. C., Melo, F. P. L., Maia, J. L. S., Uguen, K., Monteiro, M. M., Vieira, R. R. S., Barbieri, R. L., Alfaia S. S. Capítulo 4: Conciliando a agricultura e a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. *In:* Prado, R. B.; Overbeck, G. E., Graco-Roza, C., Moreira, R. A., Monteiro, M. M., Duarte, G. T. (Org.). Relatório Temático sobre Agricultura, Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES). 1ª Ed. Campinas: Ed. dos Autores, 2024. P. 99-131

<http://doi.org/10.4322/978-65-01-21502-0.cap04>

**Coordenadores do capítulo:** Fabiano de Carvalho Balieiro<sup>1</sup>, Henrique dos Santos Pereira<sup>2</sup>, Rafael Loyola<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Solos

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas

<sup>3</sup> Instituto Internacional para Sustentabilidade e Universidade Federal de Goiás

**Autores do capítulo:** Alan Mosele Tonin<sup>4</sup>, Danielle Camargo Celentano Augusto<sup>5</sup>, Felipe Pimentel Lopes de Melo<sup>6</sup>, José Luiz da Silva Maia, Katell Uguen<sup>7</sup>, Marina Moraes Monteiro<sup>8</sup>, Raísa Romênia Silva Vieira<sup>9</sup>, Rosa Lía Barbieri<sup>10</sup>, Sonia Sena Alfaia<sup>11</sup>.

<sup>4</sup> Tropical Water Reserach Alliance

<sup>5</sup> Instituto Socioambiental

<sup>6</sup> Universidade Federal de Pernambuco

<sup>7</sup> Universidade do Estado do Amazonas

<sup>8</sup> Floresta Cheia Instituto de Conservação Ambiental

<sup>9</sup> Instituto Internacional para Sustentabilidade

<sup>10</sup> Embrapa Clima Temperado

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

**Revisores externos:** Kaline de Mello<sup>12</sup>, Lucilia Maria Parron-Vargas<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Charles Darwin University - Austrália

<sup>13</sup> Embrapa Florestas

# CAPÍTULO 4: CONCILIANDO A AGRICULTURA E A MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

## 4.1 Introdução

## 4.2 Principais sistemas de produção agrícola nos biomas brasileiros

### 4.2.1 Amazônia

### 4.2.2 Caatinga

### 4.2.3 Cerrado

### 4.2.4 Pantanal

### 4.2.5 Mata Atlântica.

### 4.2.6 Pampa

## 4.3 Sistemas de produção de alimentos, fibras e energia que incrementam biodiversidade e serviços ecossistêmicos

### 4.3.1. Sistemas agroflorestais: dos modelos inspiradores da agricultura tradicional aos sistemas integrados de produção

### 4.3.2 Plantações florestais: dos monocultivos de exóticas aos plantios mistos com nativas

## 4.4 Mudanças transformadoras para sistemas agrícolas sustentáveis

### 4.4.1. Importância do conhecimento tradicional e das tecnologias sociais

### 4.4.2. Extensão rural como caminho para aplicação das tecnologias e transição agroecológica

### 4.4.3. Restauração de paisagens e ecossistemas como mecanismo de desenvolvimento socioeconômico

### 4.4.4. Agricultura 4.0 - Inclusão digital no campo

## 4.5 Considerações finais

## Referências

## Anexo A4.1

## 4.1 Introdução

A análise da trajetória da agricultura no Brasil (no capítulo 2) e os resultados de modelos e cenários (no capítulo 3) indicam claramente que a inclusão da sustentabilidade como componente essencial das práticas agrícolas é necessária e urgente. Se, por um lado, o cumprimento da legislação ambiental e o aprimoramento dos mecanismos de governança ambiental são essenciais (ver também capítulos 5 e 6 que apresentam soluções), a mudança necessária da agricultura envolve também o entendimento da relação entre a degradação do capital natural e a oferta de serviços ambientais na paisagem rural. O Brasil, de extensão quase continental, possui, nos seus seis biomas, uma grande diversidade de sistemas de produção, de forma que é impossível, nesse relatório, generalizar soluções sustentáveis voltadas à agricultura para todos os sistemas. Por outro lado, todas essas soluções passam pela otimização do uso dos recursos ambientais como a biodiversidade, a água e o solo, essenciais para as culturas agrícolas, assim como pela redução do uso de insumos químicos, que têm colocado em risco diversos serviços ecossistêmicos, a biota e a saúde humana. Dessa maneira, o foco aqui está voltado para algumas experiências exitosas, a partir do aprendizado sobre Sistemas de Agricultura Tradicionais (SAT), Sistemas Agroflorestais (SAFs), sistemas integrados de produção, bem como no plantio de florestas mistas e multifuncionais. O que une esses sistemas é o objetivo de permitir a prestação de múltiplos serviços ecossistêmicos, aliada à conservação do capital natural, numa perspectiva não só do sistema produtivo, mas também da paisagem

multifuncional. Contudo, a implementação desses sistemas exige esforços para além da área manejada em si. Dessa forma são discutidos, neste capítulo, também a importância das tecnologias sociais como fator orientador dos processos de construção de identidades territoriais e da conservação da biodiversidade nas áreas agrícolas, o papel e as limitações da extensão rural na difusão de tecnologias e na transição agroecológica, o potencial da restauração de ecossistemas e de paisagens como mecanismo de desenvolvimento socioeconômico e, finalmente, o aumento de tecnologias digitais para melhoria da produtividade e da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Em um contexto de mudança climática, a adaptação de práticas de manejo adequadas e a restauração da paisagem rural, em suas diversas escalas, se fazem também necessários para imprimir maior resiliência e estabilidade da produção e oferta de outros serviços ambientais no meio rural.

## 4.2 Principais sistemas de produção agrícola nos biomas brasileiros

Os biomas brasileiros abrigam sistemas de produção contrastantes, em decorrência de condicionantes fitogeográficas, bem como do histórico da expansão agrícola. Antes de apresentar as possibilidades de conciliar a agricultura e a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos no Brasil é necessário retomar tanto os desafios ambientais de ocupação de suas terras (por exemplo: diversidade de clima, solo e relevo), quanto os sociais (por exemplo: diferentes tipos de propriedades em termos de tamanho ou acesso a tecnologias) de cada bioma (ver também capítulo 2).

### 4.2.1 Amazônia

Na Amazônia, maior bioma brasileiro, as mudanças nos sistemas de uso da terra são muito heterogêneas, tanto em termos espaciais quanto temporais. O bioma Amazônia perdeu, no período de 1985 a 2021, 44,1 Mha de sua cobertura vegetal nativa. Esse aumento se deveu principalmente ao aumento de 300% na área ocupada com a pecuária que, até 2022, representava mais de 57 Mha do uso do solo no bioma (MapBiomas, 2023). Uma parte social e ambientalmente relevante da produção vegetal originada no bioma vem da coleta de produtos florestais em áreas de florestas nativas manejadas, especialmente os não-madeireiros (PFNM), sendo essa uma atividade intrinsecamente associada aos territórios coletivos e aos modos de vida dos povos e comunidades tradicionais (PCTs) da região. A trajetória dos principais sistemas de produção agrícola (não incluindo os produtos do extrativismo vegetal) praticados na Amazônia, tradicionais e modernos, incluem agricultura de corte e queima, pastagem, monocultura de soja, monocultura industrial do dendê e sistemas agroflorestais (SAFs). Experiências de sucesso com SAFs na Amazônia são descritas no Quadro 4.1. Políticas de contenção do desmatamento e de alavancagem da bioeconomia devem nortear as estratégias de conservação e uso sustentável dos recursos da biodiversidade da Amazônia, assim como de seus recursos hídricos e estoques de carbono.

### 4.2.2 Caatinga

A Caatinga ainda preserva cerca de 50% de sua cobertura original e isso só foi possível, mesmo numa região densamente povoada, devido à sua baixa aptidão para a agricultura intensificada e ao mesmo tempo

pela prevalência de agricultura familiar de baixo impacto. A agricultura praticada na Caatinga é historicamente ligada aos sistemas tradicionais de cultivos anuais, como milho e feijão, e à criação extensiva de animais domésticos, especialmente caprinos. Essas atividades, no entanto, têm perdido espaço para tendências atuais de agricultura irrigada de alta produtividade, localizadas principalmente ao longo da bacia do rio São Francisco e na região oeste da Caatinga (Buainain & Garcia, 2015). A fruticultura irrigada na Caatinga é um exemplo do rápido crescimento de novas e mais intensificadas formas de produção agrícola nesse bioma. Segundo o Censo Agropecuário de 2017 feito pelo IBGE, a Caatinga dá suporte à produção rural anual de R\$ 22 milhões. Essa produção é proveniente, principalmente, da pecuária e da lavoura de espécies perenes (por exemplo: mandioca), e anuais (por exemplo: milho ou feijão), enquanto a silvicultura se apresenta incipiente e superada em quase três vezes pelo extrativismo vegetal, atividade que contribui para o bem-estar humano na forma de lenha para o consumo doméstico (Melo, 2017). Os desafios para a agricultura amigável à biodiversidade estão associados ao aproveitamento da biodiversidade local, ao estímulo e incentivo à adoção de tecnologias sociais de convivência com a seca, bem como ao fortalecimento do conhecimento tradicional no manejo de culturas e sistemas agroflorestais e agrosilvipastoris (Miccolis et al., 2016).

### 4.2.3 Cerrado

A intensificação da atividade agrícola no Cerrado ocorreu a partir da década de 70 (Silva, 2009, CI Brasil, 2021). Nas últimas décadas, o Brasil aumentou sua área de agricultura em mais de 170%, e foi no bioma Cerrado que se deu uma das maiores expansões da atividade (MapBiomas,

2023). Nesse mesmo período, o Cerrado perdeu 33,8% de sua cobertura vegetal florestal e não florestal (Souza et al., 2020). Além disso, segundo dados do Projeto MapBiomias, até 2022, a conversão de áreas com vegetação nativa do Cerrado, para uso agrícola, incluindo a pecuária e a silvicultura, somadas, afetou mais de 50% do bioma (MapBiomias, 2023). Em 2019, dos 37 milhões de hectares brasileiros de soja, metade ocupava os solos do Cerrado (TNC, 2019). A região do MATOPIBA (incluindo partes dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com 90% de seu território inserido no bioma Cerrado, se destaca como a mais recente fronteira agrícola da soja (Miranda et al., 2014). Os monocultivos de eucalipto também se destacam em termos de ocupação do bioma (Ibá, 2021). Além de impactar a biodiversidade, esse tipo de cobertura vegetal pode também alterar de forma significativa o ciclo hidrológico em regiões de conflito de uso da água (Hoffmann & Franco, 2003). A diversificação das paisagens rurais do bioma Cerrado, por meio da adoção de boas práticas de manejo do solo, de incorporação de novas espécies no sistema de produção, via rotação ou plantios de árvores, são externalidades promotoras de serviços ecossistêmicos passíveis também de compensações financeiras aos produtores rurais do bioma.

#### 4.2.4 Pantanal

O Pantanal é uma das maiores e mais diversas áreas úmidas continentais existentes e é a maior planície tropical alagável do mundo. Esse bioma apresenta um ecossistema único que atua diretamente no controle do microclima da região. Contudo, a degradação ambiental no bioma tem aumentado consideravelmente nas

últimas décadas, especialmente com o avanço da agricultura, que ocupa hoje uma área duas vezes superior que a de 30 anos atrás (MapBiomias, 2023). O baixo número de áreas protegidas por lei também ameaça o Pantanal (Vieira et al., 2019). A maior parte das terras pantaneiras está ocupada por propriedades privadas (Oliveira et al., 2017), com tendência à expansão da atividade agrícola. A pecuária ainda é a principal forma de uso do solo nessas propriedades, e é comumente praticada com forrageiras nativas, o que minimiza o impacto do cultivo bovino por não impor um plantio com espécies exóticas e/ou monocultivos. Contudo, tanto a pecuária quanto a agricultura são praticadas em larga escala, estão em expansão e são as duas práticas dominantes na região (Santos et al., 2021). Mesmo com o domínio da bovinocultura, a expansão da agricultura no Pantanal é bastante expressiva e pode ser vista por meio dos dados do Projeto MapBiomias que indicam um aumento de mais de 6 vezes na área pantaneira ocupada por lavouras anuais nos últimos 37 anos (com total mapeado de 14,7 mil hectares) (MapBiomias, 2023). Quanto à silvicultura de monocultura, nesse mesmo período, a área ocupada para esse uso foi de zero para 398 mil de hectares (MapBiomias, 2023).

#### 4.2.5 Mata Atlântica

A intensa fragmentação da cobertura florestal da Mata Atlântica (Lima et al. 2020; Ribeiro et al., 2009) é resultado do modelo de exploração adotado pelos portugueses que se iniciou com a extração comercial do pau-brasil, passando pelos ciclos da cana-de-açúcar, do café, da extração de madeira e produção de carvão vegetal (Boddey et al., 2010; Dean, 1997) e se perpetuou até

os séculos XVIII e XIX. Segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE, de 2017, o bioma possui 27% da área agrícola do país (~70Mha) e é responsável por 52% da produção de alimentos de consumo direto (exceto soja, milho e cana-de-açúcar), 30% da produção de fibras (látex e algodão), 62% do plantel de bovinos, ovinos, aves e suínos, 43% da produção de soja, milho e cana-de-açúcar, e 56% de alimentos para produção animal. Dados regionais recentes demonstram ainda uma transição florestal (Rezende et al., 2018; Silva et al., 2017), ou seja, uma recuperação da cobertura florestal no bioma. Apesar dessa relativa estabilidade na cobertura florestal, e até aumento em algumas regiões, ela esconde a redução de florestas maduras, habitat para espécies raras e áreas detentoras de estoques significativos de carbono (Rosa et al., 2021). Iniciativas partindo da silvicultura de espécies nativas, de sistemas integrados e plantios florestais mistos de exóticas e nativas e sistemas agroflorestais (SAFs) crescem no bioma, encontrando amparo na legislação, já que na recomposição de Reserva Legal (RL) ou mesmo recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) são estratégicas de uso dessas espécies nas distintas fases de implantação (Batista et al., 2021; Brancalion et al., 2020; Rezende et al., 2018)

#### 4.2.6 Pampa

No Pampa, o tradicional manejo da pecuária em campo nativo merece destaque como forma de produção amigável à biodiversidade típica do bioma, preservando a mesma (Nabinger et al., 2009). Práticas sustentáveis de produção na agricultura familiar, como o cultivo orgânico de ampla

diversidade de frutas, hortaliças, raízes e tubérculos, leguminosas, cereais, plantas condimentares e medicinais e os sistemas agroflorestais, com uso de variedades crioulas e de plantas nativas (resilientes às mudanças climáticas e tolerantes aos estresses bióticos), são oportunidades proporcionadas pela agricultura familiar nas pequenas propriedades (Barbieri et al., 2014). Destacam-se também as lavouras de arroz irrigado que ocupam extensas áreas, especialmente próximo às grandes lagoas, no litoral, causando modificações da paisagem natural (Parfitt et al., 2017). Recentemente plantações de videiras e de oliveiras vêm se expandindo no bioma. A elevada qualidade das uvas viníferas e do azeite de oliva produzidos tem atraído investidores, muitos deles preocupados com questões relacionadas à sustentabilidade. A partir do início do século XXI, o avanço da silvicultura e a expansão acelerada de lavouras, principalmente de soja, vêm provocando grandes alterações na paisagem do Pampa, com impactos negativos sobre a biodiversidade, pela supressão da vegetação nativa e pelo aumento da aplicação de agrotóxicos, resultando em contaminação ambiental e mortalidade de insetos polinizadores (Coutinho et al., 2014; Oliveira et al., 2017; Sosinski et al., 2019). As mudanças no uso e cobertura da terra tem também causado o desaparecimento dos “butiazais” ou “palmares”, como são conhecidos esses ecossistemas naturais não-florestais do Pampa, impactando, além da biodiversidade, a cultura e a renda local com base nos frutos do butiazeiro, consumidos frescos ou usados como ingredientes em geleias, sucos e licores artesanais (Sosinski et al., 2019).

### **4.3 Sistemas de produção de alimentos, fibras e energia que incrementam biodiversidade e serviços ecossistêmicos**

Como visto anteriormente, a ocupação das terras nos diferentes biomas ocorreu de formas muito distintas no tempo e no espaço. Atividades históricas relacionadas ao extrativismo já impactaram e impactam os ecossistemas naturais, mas as diversas atividades da agricultura atual, com uso de tecnologias de manejo intensivo, adotadas pelo homem do campo nos quatro cantos do país, alteram a paisagem e tornam a conservação da biodiversidade um desafio.

Esta seção resume exemplos de sucesso na conciliação entre a produção agrícola e a conservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Essas soluções se baseiam no entendimento do funcionamento dos agroecossistemas e da sua relação com o bem-estar da sociedade. É importante compreender que o olhar do produtor, independente do bioma, deve extrapolar à produção de alimentos, fibras e energia, pois do cuidado com a terra, com as suas nascentes e com a vegetação nativa emergem serviços ecossistêmicos para toda a paisagem rural. A Figura 4.1 ilustra a relação das práticas conservacionistas de manejo do solo e de produção agropecuária, com os serviços ecossistêmicos que emergem do solo (solo como capital natural). Propriedades rurais que conservam seus estoques de capital natural, por meio do controle dos processos de degradação natural e antrópica do solo, da água e da biodiversidade, oferecem múltiplos serviços ecossistêmicos à sociedade (Dominati et

al., 2010), incrementando a perenidade da renda de quem dela depende e a resiliência às mudanças climáticas em curso.

#### **4.3.1. Sistemas agroflorestais: dos modelos inspiradores da agricultura tradicional aos sistemas integrados de produção**

Os Sistemas de Agricultura Tradicionais (SATs) são modelos que inspiram o modelo de sistemas agrícolas sustentáveis. A pesquisa participativa, o monitoramento ou a prática destes sistemas antigos podem melhorar o conhecimento sobre a dinâmica de sistemas complexos, especialmente sobre a relação entre a biodiversidade e as funções e os serviços ecossistêmicos que deles emergem. Princípios e práticas para o planejamento destes agroecossistemas mais sustentáveis podem ser adaptados a determinados contextos socioecológicos. Apesar da diversidade dos SATs, a maioria partilha uma série de semelhanças estruturais e funcionais, tais como a elevada riqueza de espécies e diversidade estrutural no tempo e no espaço, resultando no controle natural de pragas e na baixa dependência de recursos humanos e energéticos externos (Altieri, 2004).

SATs da Amazônia e da Mata Atlântica do tipo “roça-e-capoeira” são exemplos de aplicação do conhecimento tradicional acerca dos princípios agroflorestais que determinam a alternância de fases de cultivo com períodos de regeneração florestal manejada e que integram o manejo de parcelas de bosque maduro para a coleta de produtos florestais não madeireiros. Praticados pelas comunidades originárias, por milhares de anos, resultaram em

## Capital natural Solo

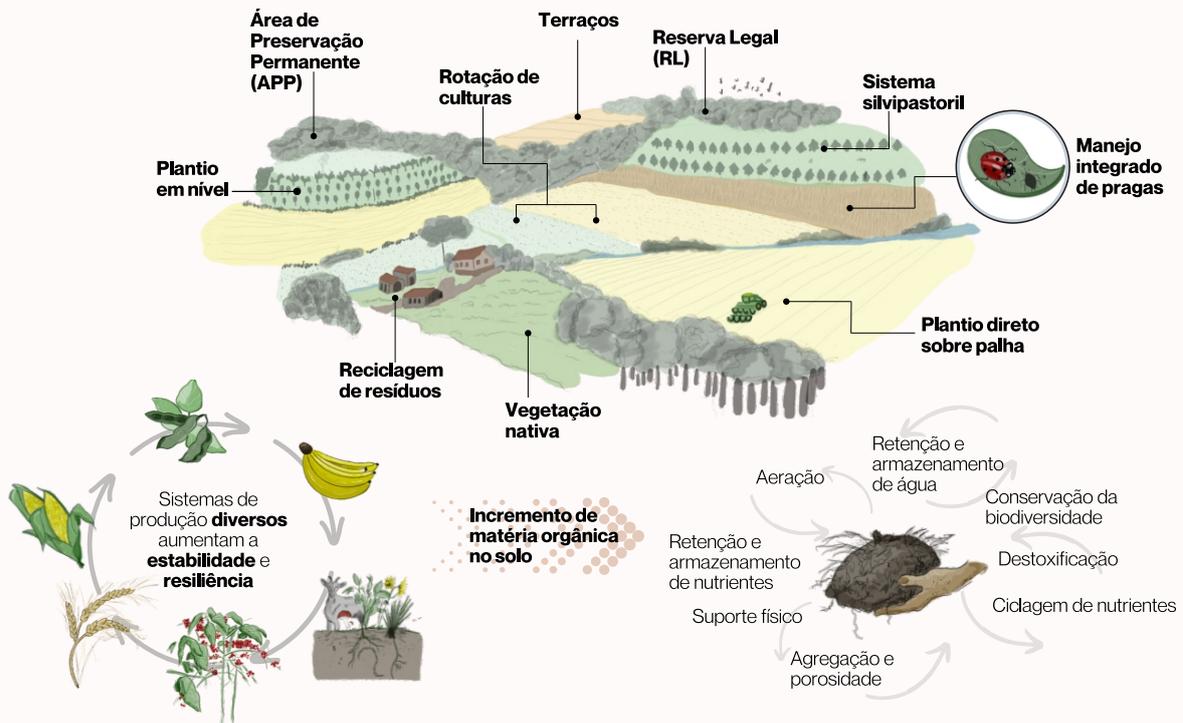
### Propriedades inerentes

Declividade  
Orientação  
Profundidade  
Classe textural  
Agregação (subsolo)  
Tipo de argila  
Classe de hidromorfismo

### Propriedades manejáveis

Conservação da vegetação nativa  
Culturas  
Plantas de cobertura  
Adubo verde  
Tamanho e estabilidade de agregados do solo  
Densidade do solo  
Fertilidade do solo: teor de fosfato solúvel, nitrogênio mineral, matéria orgânica, pH

## O solo no planejamento da paisagem rural



## Contribuições da Natureza para as Pessoas (GNP) ou Serviços Ecosistêmicos (SE) do Solo

### Provisão

Suporte físico  
Alimento  
Madeira e fibras  
Matéria-prima

### Regulação

Regulação hídrica  
Controle de erosão  
Controle de doenças e pragas  
Reciclagem de resíduos  
Sequestro de carbono  
Regulação dos Gases de Efeito Estufa (GEE)

### Cultural

Espiritualidade  
Conhecimento  
Estética  
Lazer

Figura 4.1. Ilustração da relação do capital natural solo, suas propriedades e formas de manejo que incrementam a oferta de inúmeros serviços ecosistêmicos do solo e os benefícios para o meio rural. Fonte: Adaptado de Dominati et al., 2010. Concepção da figura: Fabiano de Carvalho Balieiro.

paisagens dominadas por espécies florestais comestíveis (Solórzano et al., 2018; Coelho et al., 2021; Flores & Levis, 2021).

Atualmente, os SATs seguem como estratégia eficaz de conservação local da agrobiodiversidade nativa (Ferreira et al.,

2022). Reconhecidos como patrimônio imaterial do país, conforme Decreto nº 3.551/2000 (IPHAN, 2022), os SATs da Amazônia também produziram as chamadas Terras Pretas Amazônicas. Esses solos de elevada fertilidade (Oliveira et al., 2020) passaram a inspirar pesquisadores ao redor

do planeta interessados em mimetizá-los, a partir de técnicas de pirólise (decomposição termal da biomassa em condição limitada de oxigênio) de resíduos orgânicos e aplicação ao solo, com intuito não apenas de melhoria da fertilidade do solo, mas de mitigação da mudança climática global (Novotny et al., 2015; Kern et al., 2019). Sistemas agroflorestais manejados por comunidades quilombolas, por centenas de anos, e recém estudados no Maciço da Pedra Branca, cidade do Rio de Janeiro, apresentam evidências de maiores estoques de carbono no solo, decorrentes da presença deste carbono mais estável no solo, oriundo da queima lenta da biomassa florestal, em tempos passados, para a produção de carvão, mas também do melhor entendimento dos fluxos de nutrientes (ciclo biogeoquímico) dentro da floresta, por essas comunidades (Balieiro et al., 2023).

Experiências já premiadas de boas práticas utilizadas por povos e comunidades tradicionais do Brasil foram compilados por Almeida e Udry (2019), incluindo a das quebradeiras de coco do Médio Mearim (Maranhão), do “recaatingamento” em comunidades tradicionais de Fundo de Pasto (Bahia), passando pelo pomar coletivo dos Waimiri Atroari (Sul de Roraima e Norte do Amazonas), até a florestação dos Guarani (Espírito Santo), e sistemas de produção de milho crioulo (Roraima). O SAT da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais) será apresentado no Quadro 4.4. Comunidades do Norte de Minas Gerais, que praticam agricultura de subsistência e pecuária extensiva bem como produção de artesanato (barro e de palha de licuri, *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) têm na venda da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) produtos de

alta demanda em feiras e cooperativas da região, agregando renda à população rural (Lima et al., 2013).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) não tradicionais distinguem-se dos SATs pelo componente social do sistema, pois estes, enquanto sistemas planejados tecnificados, não trazem o caráter de ancestralidade e vínculo cultural com os modos tradicionais de ocupação e manejo do solo dos SATs. Os SAFs são entendidos como sistemas de cultivo em que árvores são consorciadas com culturas agrícolas e/ou forrageiras, com ou sem uma componente de criação animal (Giller & Wilson, 1991; Miccolis et al., 2016; Guia, 2021). As agroflorestas usam a matéria orgânica para nutrição das plantas e consorciam uma diversidade de espécies com diferentes ciclos de vida e diferentes estaturas, reduzem os insumos externos e aumentam a autonomia dos agricultores, trazendo aumento na produção e promovendo segurança alimentar e nutricional. A combinação de espécies pode ser feita de acordo com um arranjo espacial pré-estabelecido, de forma simultânea ou sequencial, e com grande diversidade de espécies e de interação entre elas. Para que o SAF seja bem-sucedido em termos de produção e rentabilidade, deve-se levar em conta aspectos locais como solo, clima, objetivo da produção, composição de espécies e custos. Diversos arranjos e modelos podem ser adaptados aos diferentes produtores, interesses e escalas de produção.

Os SAFs otimizam o uso da terra e representam uma estratégia viável para conciliar a produção de alimentos, madeira e outros (Tremblay et al., 2015; WRI, 2021), a restauração de ecossistemas e a conservação da biodiversidade (Cardoso et

al., 2013; Guia, 2021). Dentre os benefícios ambientais destacam-se: melhoria da qualidade dos solos por meio do aumento do aporte de matéria orgânica, a restrição da necessidade de fertilizantes, a melhoria da drenagem hídrica e o aumento da disponibilidade de habitat para fauna e flora (Pinho et al., 2012; Salim et al., 2017). Há grande potencial de geração de trabalho e renda para as comunidades que os implementam, pois, além da comercialização dos produtos, os principais custos estão associados à mão-de-obra utilizada. Assim, os SAFs são uma alternativa de trabalho, possibilitam a remuneração da própria família e geram oportunidades de inclusão social e produtiva de mulheres e jovens, que são grupos tradicionalmente marginalizados no mercado de trabalho (ver também Quadro 4.1).

Outra denominação mais abrangente dada aos SAFs é a de “florestas multifuncionais”, conceito que pode incluir desde florestas nativas em regeneração, ou sob enriquecimento de espécies com múltiplos propósitos, incluindo econômicos (Gama-Rodrigues, 2020). Sistemas agroflorestais com cacau, denominado “cabruca” são exemplos de florestas multifuncionais, já que aproveitam a vegetação nativa no sombreamento do cacauzeiro, sistema esse último praticado no Sul da Bahia e em outros estados da região Norte do país (Aleixo et al., 2017; Gama-Rodrigues, 2020).

Florestas diversas de espécies nativas e exóticas podem combinar espécies com funções ecológicas e comerciais distintas no tempo e espaço. Exemplos exitosos são dados por Batista et al. (2021). Dentre eles, cita-se a iniciativa desenvolvida no Sul da

Bahia, com área plantada de 803 hectares, em que espécies de madeira nobre são cultivadas para dois momentos de colheita. Para o menor ciclo de colheita (~24 anos) foi plantado o cedro-australiano (*Toona ciliata* M.Roem.) no espaçamento de 7 x 3,5 m e para o de colheita tardia > 36 anos, várias espécies nativas como jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth), peroba amarela (*Paratecoma peroba* (Record) Kuhl), jenipapo (*Genipa americana* L.), angico vermelho (*Parapiptadenia pterosperma* (Benth.) Brenan), sucupira (*Bowdichia virgilioides* Kunth), ipê amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose), vinhático (*Plathymania reticulata* Benth), louro pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.), peroba-rosa (*Aspidosperma polyneurum* Müll.Arg.), dentre outras. A condução de árvores nativas em sub-bosque de espécies exóticas (por exemplo: o eucalipto ou o pinus) é um tipo de plantios multifuncionais para a recuperação de áreas degradadas, especialmente quando estas áreas se destinam a compor a reserva legal requerida pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brancalion et al., 2020; Moraes et al., 2020). No entanto, o uso de espécies exóticas invasoras, como o pinus, é problemático visto o risco de degradação de ambientes naturais no entorno, de forma que deveriam ser substituídas por espécies nativas ou, quando exóticas, espécies não-invasoras. Sistemas agroflorestais multiestratos, em especial com espécies nativas, são exemplos de florestas multifuncionais que devem ser priorizadas, pois entregam à sociedade bens e serviços ecossistêmicos.

No Brasil, os SAFs, que em 2017 ocupavam 13.863.254 hectares do país (MAPA, 2022), estão concentrados na Caatinga, no sul

#### Quadro 4.1: Estudos de caso de Sistemas Agroflorestais

**SAFs sucessionais na Reserva Extrativista (RESEX) Chico Mendes, Xapuri/AC:** dois modelos diferentes de SAFs, implantados em áreas distintas em 2015, tiveram suas viabilidades técnica e financeira avaliadas (WWF, 2020). Um deles obteve rendimento médio anual similar ao da soja, enquanto o outro obteve o dobro da lucratividade, ambos mantendo a floresta em pé. Para assegurar o potencial de acesso aos mercados dos produtos gerados, o planejamento técnico dos plantios considerou os produtos processados pela cooperativa em que os produtores eram associados para escolha das espécies plantadas. O planejamento técnico tem reflexo direto nos indicadores de rentabilidade dos sistemas de produção e foi determinante no sucesso na RESEX. As espécies componentes do SAFs foram abacaxi, banana e espécies arbóreas nativas com potencial econômico como araçá-boi, camucamu, cacau, açaí e seringueira.

Outra experiência de sucesso com SAFs na Amazônia é a do **Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado)** no estado de Rondônia, que tem adotado os SAFs como principal modelo de uso e manejo dos solos (Alfaia et al., 2009). A produção de espécies nativas por meio dos consórcios agroflorestais fez com que os produtores, colonos assentados do INCRA, desenvolvessem um sistema de produção na floresta capaz de reflorestar as áreas degradadas e gerar renda. A criação de uma cooperativa possibilitou aos cooperados explorar novas parcerias, desenvolverem novos processos e produtos, se tornarem mais competitivos e terem acessos a novos mercados. Por outro lado, a certificação orgânica agregou valor à produção e trouxe maior conscientização ambiental ao agricultor (Ribeiro, 2021).

No município de Tomé-Açu, no estado do Pará, produtores de origem japonesa da **CAMTA (Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu)** praticam, há aproximadamente 40 anos, com sucesso esse sistema de uso da terra na lógica produtivista e comercial. O que motivou os agricultores a adotarem os SAFs foram os problemas com o monocultivo da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), devido a ocorrência de doenças (fusariose e virose) que dizimaram os pimentais, levando muitos produtores a falência econômica em função da falta de outro produto para substituir a pimenta-do-reino. A busca coletiva dos agricultores por alternativas para a pimenta-do-reino originou um modelo ímpar de exploração agroflorestal atualmente presente em Tomé-Açu (Yamada, 2009). As atividades dos colonos nipo-paraenses envolvem mais de trinta produtos em diversas combinações, onde os produtores se especializam para determinados processos produtivos (Campos et al., 2022). Por mais de 40 anos os SAFs praticados pelos agricultores da CAMTA nesse município se transformaram em um exemplo de sucesso de cultivo de fruteiras em sistemas agroflorestais na Amazônia.

Exemplos exitosos de SAFs associados a plantios florestais podem ser encontrados em Itirapina/SP e Lençóis Paulista/SP nas **fazendas da Toca e Rio Claro**, respectivamente. Na primeira, o manejo segue preceitos da agricultura orgânica e sintrópica, e alia o cultivo de eucalipto, mogno, araribá, ipê e guapuruvu às culturas de laranja, banana, mandioca, inhame e outras (WRI, 2018). A fazenda possui ainda sistema de parceria em atividades de avicultura de postura, leite, grão e agroflorestas (Fazenda da Toca, 2022). A fazenda Rio Claro tem em seu histórico a recuperação de suas nascentes, a restauração de suas APPs, a recuperação de suas pastagens, e o plantio de espécies de madeiras nobres, como a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll.Arg.), o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), o jequitibá (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) e o pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.). Uma das áreas preservadas na Fazenda Rio Claro, com 650 ha, foi convertida em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), em 2008. Os estudos da biodiversidade na Fazenda Rio Claro, em cooperação com universidades, iniciaram-se em 1973 e são mantidos até o presente (Maia, 2015; Maia, 2018).

da Mata Atlântica e em áreas isoladas dos biomas Cerrado e Amazônia (Maia et al., 2021). Entre 2006 e 2017, a área ocupada por SAFs no país cresceu, sendo o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), que previa empréstimos com juros baixos para implantação de práticas e tecnológicas sustentáveis, o grande impulsionador da mudança (Maia et al., 2021). Entretanto, esse crescimento ocorreu de modo concentrado nos biomas em que a agricultura é mais produtiva (em especial os sistemas com soja), como a Mata Atlântica e o Cerrado, com limitado crédito acessado na Amazônia (Gianetti & Ferreira Filho, 2021; Maia et al., 2021).

Sistemas integrados agrossilvipastoris constituem da combinação, numa mesma área, da produção pecuária, agrícola e, ou florestal com benefícios mútuos para cada uma delas e para o produtor, que diversifica a sua fonte de renda (Franzluebbers, 2008, Pacheco et al., 2013; Salton et al., 2014; Balbino et al., 2019; Sato et al., 2019). Ou seja, sistemas integrados agrossilvipastoris guardam, no que diz respeito à organização das espécies utilizadas no tempo e no espaço, relação com os SAFs descritos acima. Historicamente, no Brasil, estes sistemas foram evoluindo a partir das áreas sob monocultivos que rotacionavam com pastagens e, com a disponibilidade de herbicidas e máquinas adaptadas para o Sistema Plantio Direto (SPD) em diferentes regiões, culminaram na consolidação dos sistemas Barreirão (voltado para recuperação de pastagens), sistema Santa Fé (fundamentado na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente milho, sorgo, milheto e arroz, com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa* (braquiárias) em áreas de lavoura

com solo parcial ou totalmente corrigido) e sistema Santa Brígida, este último baseado num consórcio triplo de milho, braquiárias e leguminosas herbáceas-arbustivas como o guandu-anão (Cordeiro et al., 2015; Villela et al., 2011). No entanto, há que se considerar que as braquiárias são espécies invasoras, gerando efeitos negativos em ecossistemas naturais dos arredores (Barbosa et al., 2018), o que demanda a melhoria desses sistemas com pleno aproveitamento do potencial que oferecem. Assim, mesmo que a integração de sistemas seja desejável, por promover a multifuncionalidade das paisagens e diferentes benefícios ao produtor, deverá também aportar benefícios para a conservação da biodiversidade. Isso implicaria, por exemplo, na retomada das pesquisas sobre a domesticação e cultivo de espécies de forrageiras nativas, das diversas regiões do país (ver Nabinger & Dall'Agnol, 2019). Práticas regenerativas de manejo de pastagens se baseiam no uso de múltiplas espécies, incluindo nativas sejam como forrageiras, arbustivas ou arbóreas em pastagens.

Apesar do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) corresponderem a mais de 83% da área ocupada pelos sistemas integrados, a demanda por madeira para serraria e biomassa, aliada ao ganho de peso de animais, devido ao conforto térmico proporcionado pela sombra das árvores, tem estimulado a adoção de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (Paciullo et al., 2011; Alves et al., 2015; Pezzopane et al., 2019), os Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Ademais, o carbono estocado na biomassa florestal tem sido o grande diferencial para o balanço de carbono e nitrogênio destes sistemas (Alves et al., 2015; Bretas et al., 2020; Figueiredo et al., 2017). A comparação do

sequestro de carbono de três sistemas de produção pecuária contrastantes (pastagem degradada, manejada e sob sistema integrado lavoura-pecuária-floresta) indicou que a pegada de C poderia ser reduzida para 7,6 e -28,1 kg CO<sub>2</sub>-eq por kg de peso vivo, para os sistemas de pastagem manejada e ILPF, respectivamente, deixando evidente o quanto o componente florestal contribui significativamente para mitigação de emissões da produção de gado de corte (Figueiredo et al., 2017). Destaca-se, porém, que o componente florestal predominante nestes sistemas é do gênero *Eucalyptus*.

O Brasil possui, com a adaptação de modelos de sistemas integrados e com investimentos na silvicultura de espécies nativas, uma grande oportunidade. Tanto a criação da rede ILPF, como as linhas de crédito do Plano ABC, e o próprio mercado de carbono e de madeiras nobres impulsionam mecanismos de fortalecimento de uma rede de unidades demonstrativas e de pesquisa em diferentes regiões do Brasil sobre os sistemas integrados (Melotto et al., 2019; Cordeiro et al., 2015; Batista et al., 2021). Exemplos de espécies nativas de uso múltiplo são o baru (*Dipteryx alata* Vogel), principalmente no Cerrado, e a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), na Amazônia. Essa última tem sido considerada a espécie nativa mais importante para a implantação de sistemas silviculturais, sendo também recomendada para uso em sistemas agroflorestais e na recuperação de áreas degradadas (Costa et al., 2022). O Anexo A.4.1 lista alguns sistemas integrados cujas espécies arbóreas nativas e exóticas e seus componentes já são estudados e mais amplamente difundidos.

No bioma Caatinga, os sistemas integrados necessitam de mais pesquisa e de

estratégias de comunicação para aqueles já existentes e exitosos. Além do raleio da Caatinga, ou broca, como é conhecido o sistema de corte de espécies lenhosas a altura de 30-40cm do solo, para que no início das chuvas possa ofertar forragem extra aos animais, dada as particularidades das suas sub-regiões (Sertão, Agreste e Zona da Mata), Rangel et al. (2016) compilaram informações sobre sistemas integrados que incrementam a oferta de bens e serviços ecossistêmicos e que já são reconhecidamente promissores para cada uma das sub-regiões (Quadro 4.2).

#### **4.3.2 Plantações florestais: dos monocultivos de exóticas aos plantios mistos com nativas**

“Plantações florestais” e “florestas plantadas” são conceitos muitas vezes usados como similares na literatura, mas guardam compreensões distintas sobre os serviços ecossistêmicos por elas prestados. Para de Moraes et al. (2020), enquanto as “plantações florestais” (cultivos monoespecíficos em especial) focam na silvicultura, ou seja, na produção de madeira, as “florestas plantadas” ou “florestas multifuncionais” são planejadas e manejadas para a produção de diversos bens (dentre eles a madeira) e serviços ecossistêmicos, mas com predomínio de espécies nativas, e sob baixa intensidade de manejo, alicerçadas também por interesses sociais e maiores benefícios ambientais, como já apresentado neste capítulo.

As plantações florestais manejadas intensivamente (monocultivos de eucalipto e pinus, especialmente), afetaram negativamente a biodiversidade brasileira até a segunda metade do século passado (Bustamante, 2019), mas estão se tornando

#### Quadro 4.2: Sistemas de Produção Integrados na Caatinga

(i) *Zona do Agreste*: 1. Pastagens cultivadas com os capins buffel (*Cenchrus ciliaris*), capim-gramão (*Cynodon dactylon* var. *aridus* J.R.Harlan & de Wet) e capim urochloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em consórcio com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) ou leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit). 2. Bancos de proteína de leucena, cultivada em alamedas (4,0m x 1,0m) e consorciada com milho e/ou feijão; 3. Bancos de proteína de gliricidia cultivada em alamedas (4,0m x 1,0m) e consorciada com o milho; 4. Áreas de palma forrageira cultivadas com as variedades gigante (*Opuntia ficus-indica* (L. Mill.) e redonda (*Opuntia stricta* Haw.) Haw.), em sistema adensado e em sistema simples consorciadas com gliricídia, nas linhas e milho nas entrelinhas; 5. Áreas reflorestadas com sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.); 6. Cercas vivas forrageiras de gliricídia. Ainda que esses sistemas já tenham suas eficiências comprovadas, necessitam de maiores esforços para ampliar suas difusões e adoção. Um ponto problemático é que muitas das espécies utilizadas (grama aridus, capim urochloa, leucena) são consideradas espécies exóticas invasoras, ou seja, seu uso traz o risco de impactos negativos para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos; o ideal seria a substituição por espécies nativas ou, se exóticas, que não sejam invasoras; como comentado no texto, é necessário retomar atividades de pesquisa sobre o potencial de uso de espécies nativas.

(ii) *Zona da Mata*: Da mesma forma que para região do Agreste, consórcios com leucena e gliricídia e lavouras, gramíneas e palmeiras são comuns nesse ambiente. Em áreas mais costeiras, a presença do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), como componente lenhoso e a gliricídia mantida sob poda e pastejo de cordeiros (sem raça definida), permitiram ganho de peso e aumento da taxa de lotação do sistema. Araújo et al. (2014) detectaram maiores ganhos de peso bovino nas estações seca e úmida (total: 6,3 arrobas/cabeça vs. 2,2-5,0 arrobas/cabeça para todas as doses testadas de N) no litoral de Sergipe de sistema pecuária-floresta com gliricidia, que em sistema com fertilização nitrogenada (0-240kg de nitrogênio) usado na adubação de capim-marandu, demonstrando maior viabilidade econômica e ambiental;

(iii) *Meio Norte*: Parnaíba (PI) e Matinha (MA) foram elencadas por Rangel et al. (2016) como regiões onde a presença de coqueiros (*Cocos nucifera* L.) e de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) resultaram no aumento da qualidade do solo, da oferta de forragens e do conforto animal. Em todos os exemplos supracitados, a diversificação do componente forrageiro e a fixação biológica de nitrogênio foram usados como potencializadoras do sequestro de carbono pelo solo e ganho de peso dos animais, já que a produção líquida de biomassa é aumentada, por unidade de área. A oferta de nitrogênio biologicamente fixado aos organismos do solo e animais de criação também aumenta. Os sistemas integrados de produção, por intensificarem o uso da terra, são exemplos de sistemas eficientes e rentáveis de produção. A silvicultura de espécies nativas em sistemas integrados pode e deve ser evidenciada como uma oportunidade de produção, conservação da biodiversidade e manutenção de serviços ecossistêmicos sem precedentes.

mais equilibradas sob o ponto de vista de oferta de bens e serviços ecossistêmicos, seja por força da lei, seja por força do mercado ou da própria sociedade. Podem-se citar como manejos mais equilibrados ou sustentáveis: o plantio de mudas sobre

os restos culturais (triturados ou não); a capina química ao invés de revolvimento do solo para o controle de plantas espontâneas, o uso controlado de agrotóxicos; o manejo da fertilidade do solo e o controle biológico de pragas e doenças; planejamento e

manutenção de estradas dentro das áreas de cultivo. Essas melhorias têm levado à mitigação de processos erosivos, melhorias significativas na qualidade do solo e da água e maior conservação da biodiversidade (Chaer & Tótola, 2007; Brockerhoff et al., 2013; Gonçalves et al., 2017; Balieiro et al., 2020; Lima et al., 2022).

Todas essas ações contribuem para a regularização ambiental das propriedades rurais e para a certificação florestal pelo Forest Stewardship Council (FSC) (FSC Brasil, 2014) e pelo Programa de Endosso à Certificação Florestal (PEFC), representado no Brasil pelo Programa Nacional de Certificação Florestal (Cerflor) (ABNT, 2012), com indicadores de monitoramento e gestão da biodiversidade. Ressalta-se que cerca de 6 milhões de hectares de florestas nativas são mantidos conservados por cerca de 50 empresas que manejam cerca de 9,55 milhões de hectares de plantações florestais. Considerando-se a soma dessas áreas (15,55 milhões de hectares), 38,58% correspondem a áreas protegidas em diferentes categorias de unidades de conservação (IBÁ, 2021).

Entre os avanços observados no manejo destas plantações florestais, há ainda os plantios em mosaicos, formados pelos talhões cultivados com idades variadas e remanescentes da vegetação nativa (IBÁ, 2017 e 2021). Esses sistemas de cultivo minimizam os conflitos de uso da terra e ampliam o uso da água em outras demandas para além da produção florestal (Lima, et al., 2012, Ferraz et al., 2013, Cassiano et al., 2017, Embrapa, 2017; FAO, 2018; Balieiro et al., 2020). A seleção de genótipos e de espaçamento na silvicultura tem sido estudada de forma a maximizar a hidrossolidariedade e a diminuir a

vulnerabilidade do setor às mudanças climáticas (Hakamada et al., 2017).

O termo hidrossolidariedade, relativamente moderno, preconiza o zoneamento da paisagem de forma a integrar áreas de produção com áreas de proteção ecológica e interesse social, permitindo que a conservação e a perenização dos cursos de água sejam incrementadas em microbacias hidrográficas (Falkenmark & Folke, 2002). Estes mosaicos com áreas de vegetação nativa asseguram a conservação da biodiversidade e viabilizam também o controle biológico natural de pragas nas plantações florestais (Quadro 4.3).

Não obstante, destaca-se que em algumas regiões, e em especial nas áreas de solos mais marginais, o plantio de eucalipto pode ser a oportunidade para a conversão de paisagens exclusivamente agrícolas ou pecuárias, em paisagem agroflorestais, como sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. Afinal, o eucalipto é reconhecido pelos agricultores como uma cultura rentável, mesmo para o pequeno produtor. Da mesma forma, o manejo do eucalipto em plantio puro ou misto com nativas pode promover a transição para a restauração natural da floresta por meio da regeneração de espécies nativas pioneiras e precoces em seu sub-bosque, e o restabelecimento de funções ecológicas importantes (Amazonas et al., 2018; Brancalion et al., 2019; Cabreira, 2023).

O desbaste do eucalipto ou do *pinus*, ou mesmo de espécies estruturantes cria as condições ambientais para que as espécies arbóreas nativas de madeira mais nobre e crescimento mais lento se desenvolvam, podendo a madeira das espécies exóticas

#### Quadro 4.3: Estudo de Caso - Vegetação nativa melhora controle biológico de pragas e doenças, minimizando riscos de contaminação do solo e da água

Em trabalho pioneiro de 1980 (IPEF, 1980), foi estudada a presença de aves em um projeto florestal que teve os talhões cultivados com eucalipto, intercalados por corredores de 25 metros de largura com vegetação de cerrado, na região de Ribas do Rio Pardo/MS. Essas faixas conectam-se com as APPs. As aves foram escolhidas para o estudo por serem predadoras de lagartas desfolhadoras e outras pragas que podem atacar o eucalipto. O trabalho mostrou que nos plantios com faixas de vegetação nativa a presença e a diversidade de aves eram maiores do que nos plantios sem faixas, levando a inferir que as faixas de cerrado são capazes de contribuir para o controle biológico natural.

Zanetti *et al.* (2000), estudando saueiros, na região de João Pinheiro/MG, e Santos *et al.* (2002), estudando *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae, espécie de inseto praga desfolhadora de eucalipto e com potencial de causar danos econômicos expressivos em plantações florestais se não controladas), na região de Paraopeba/MG, verificaram que nos plantios com faixas de Cerrado nativo intercalando os talhões de eucalipto, a presença das pragas era menor, em comparação com plantios sem essas faixas. As faixas de cerrado nativo contribuíram para a redução de 10,7% na densidade de saueiros nos talhões à sua margem. Por sua vez, o número de *O. vesulia* indicou que essa espécie é mais abundante no sistema de cultivo sem faixas e menos abundante no sistema com faixa de Cerrado nativo. Os resultados são atribuídos às condições ecológicas proporcionadas pelos corredores com vegetação nativa, inferindo-se que há um serviço ecossistêmico direto prestado pelas faixas de vegetação nativa.

No manejo de plantio de *pinus*, a manutenção da cobertura vegetal, proporcionando ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos entomopatogênicos e abrigo para inimigos naturais, além de outras providências, propiciou aumento de inimigos naturais e contribuiu para o programa de controle biológico de pulgões-gigantes do *pinus* no Estado do Paraná (Embrapa, 2017).

ou nativas serem comercializadas para fins diversos em prazos mais curtos (WRI, 2018). Esse modelo parece viável na conciliação da conservação ambiental, produção econômica e de inclusão social, podendo ser proposto para as várias regiões do Brasil (Embrapa, 2017; Brancalion *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2021).

A silvicultura de espécies nativas também tem avançado bastante no Brasil, nas últimas décadas, especialmente pelo enorme potencial de mercado de madeira serrada existente globalmente. Monocultivos e plantios mistos de exóticas e nativas têm sido monitorados no Cerrado, na Amazônia e na Mata Atlântica e os resultados são promissores apesar do alto

investimento e da taxa de retorno longa destes projetos (Amazonas *et al.*, 2018; Batista *et al.*, 2021). Compilando dados de 12 experiências exitosas com estes tipos de sistemas (incluindo SAFs), o Projeto Verena não detectou diferença estatística entre o rendimento do eucalipto (11%), considerada como *benchmark*, e o retorno na silvicultura de espécies nativas (12,9%) (Batista *et al.*, 2017). No entanto, os dois parâmetros importantes para avaliar a viabilidade de um projeto (necessidades de capital e retorno) foram significativamente maiores em silvicultura de espécies nativas quando comparada ao eucalipto, usado como referência (para maiores detalhes dos sistemas, consulte Batista *et al.*, 2021).

Dada a megadiversidade das florestas do país, muitas espécies nativas apresentam potencial para produção de energia, madeira, pasto apícola e uso na restauração ecológica de ecossistemas, como a castanha-do-brasil, já citada. Na Amazônia, um exemplo de destaque é o pau-rosa (*Aniba* spp.). Após décadas de pesquisas, o emprego de técnicas silviculturais e de manejo para conservação dessas espécies ameaçadas e de alto valor comercial já são uma realidade (Krainovic et al., 2020; Lara et al., 2021).

No entanto, as pesquisas quanto à *performance* silvicultural da grande maioria das espécies com potencial para sistemas integrados ainda são insuficientes (Carvalho, 2003; Piotto et al., 2018). Recentemente, Amazonas et al. (2018) e Brancalion et al. (2019) apresentaram resultados interessantes de plantios mistos de espécies nativas com eucalipto tanto sobre o aspecto da viabilidade econômica da restauração, quanto ambiental, no quesito uso eficiente da água. O plantio misto de eucalipto junto com espécies nativas consumiu menos água que o seu monocultivo, apesar de ter diminuído a *performance* das espécies nativas, em especial as de rápido crescimento (Amazonas et al., 2018). Em contrapartida, apesar de representar apenas 50% das mudas, a produtividade do eucalipto foi equivalente a 75% do monocultivo (em termos de área basal), com pouco efeito sobre a sobrevivência das nativas, mas efeito negativo sobre o crescimento delas. Pensando no corte e venda da madeira do eucalipto nos primeiros anos de plantio, essa estratégia de plantio (para fins de restauração ou estabelecimento de um SAF) torna-se mais atraente economicamente que na ausência da espécie. Gama-Rodrigues et al. (2020) e Faria et al. (2020) elencam listas de espécies facilitadoras (nativas e exóticas), sob o aspecto de interações ecológicas, por se associarem de forma eficiente a bactérias

diazotróficas e fixarem quantidades significativas de nitrogênio biologicamente, que merecem a consulta.

Da mesma forma, áreas de uso restrito podem receber manejo florestal e atividades agrossilvipastoris, desde que acompanhadas de boas práticas de conservação do solo e da água. Por ser obrigatória, a recuperação de áreas de Reserva Legal (RL) oferece a melhor oportunidade para a expansão de florestas plantadas mistas multifuncionais, já descritas neste capítulo, uma vez que funções ambientais e benefícios econômicos podem ser obtidos simultaneamente (Amazonas et al., 2018; WRI, 2018; de Moraes et al., 2020; Guia, 2021). É importante salientar que plantios florestais mistos na RL podem conter espécies exóticas não invasoras, mas ainda carecem de regulamentação legal, principalmente para o manejo e uso de árvores nativas. A Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Lei Federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012) estabelece que as alternativas de base econômica a serem propostas para o uso e manejo da RL devem visar a manutenção das funções ecológicas da paisagem. Como outras ferramentas legais também exigem que a RL cumpra funções ecológicas, não há razão para evitar o uso sustentável dos recursos florestais na mesma área. Trata-se de buscar o equilíbrio entre a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade econômica e viabilizar a dupla função da Reserva Legal.

Os sistemas apresentados ao longo desta seção têm esse potencial de contribuir para a conciliação entre a produção agrícola, a provisão de serviços ecossistêmicos e a conservação da biodiversidade e possuem uma relação mais clara entre a entrega de serviços ecossistêmicos e sua complexidade. Sendo assim, são menos vulneráveis e mais resilientes às mudanças climáticas (Figura 4.2).

# MODELOS DE PRODUÇÃO, OFERTAS DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

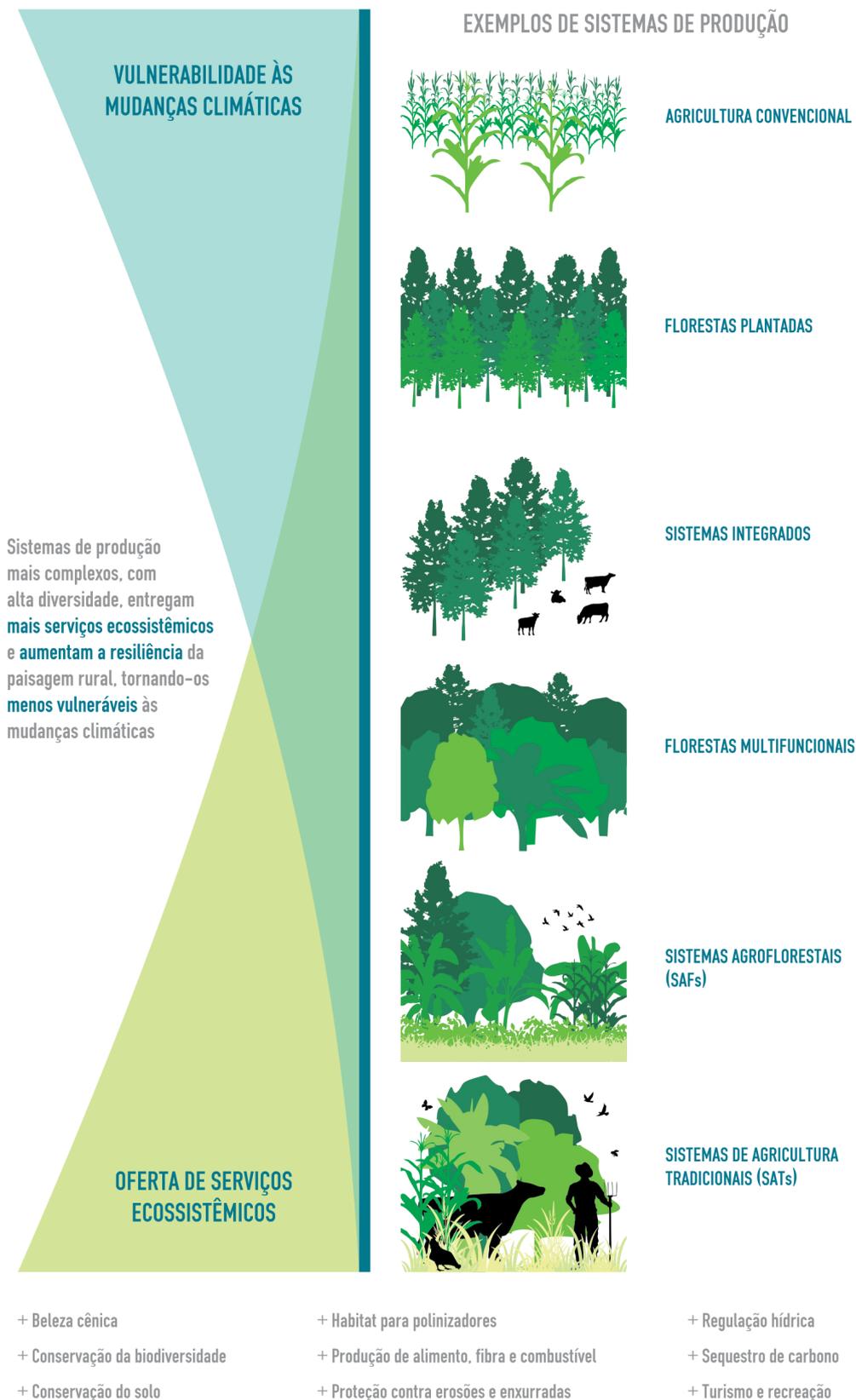


Figura 4.2: Relação entre o tipo-modelo-sistema de produção-agroecossistema, a oferta de serviços ecossistêmicos (SE) e a vulnerabilidade às mudanças climáticas. Sistemas mais simplificados (baixa diversidade) entregam menos SE, são mais vulneráveis e menos resilientes às mudanças climáticas. Sistemas mais complexos (mais diversos) aumentam a resiliência da paisagem rural e, conseqüentemente, do negócio do produtor rural e se tornam mais resilientes às mudanças climáticas. Concepção da figura: Fabiano de Carvalho Balieiro.

## 4.4 Mudanças transformadoras para sistemas agrícolas sustentáveis

### 4.4.1. Importância do conhecimento tradicional e das tecnologias sociais

O conhecimento local é um fator-chave para a conservação dos ecossistemas, o que é amplamente reconhecido por organizações internacionais como a Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) e ou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Compõem o conhecimento local, os repertórios do conhecimento agroecológico tradicional, definidos como: “... *um corpo cumulativo de conhecimento, tradições, práticas, crenças, instituições e visões de mundo adquiridas por meio da dependência direta entre grupos culturais e seus agroecossistemas e sistemas alimentares, e adaptado geracionalmente e enriquecido ao longo do tempo*” (Ramirez-Santos et al., 2023). A diversidade de conhecimentos tradicionais e sua importância no contexto de sistemas agrícolas sustentáveis vêm sendo reconhecidas em nível nacional e internacional, uma vez que as dinâmicas desses sistemas de produção orientam processos de construção de identidades territoriais e contribuem grandemente para a conservação da biodiversidade. O capítulo 1 abordou esse tema com maior profundidade.

Para identificar e dar visibilidade a outras experiências desse tipo no país, foi instituído o Prêmio BNDES de Boas Práticas para Sistemas Agrícolas Tradicionais, um concurso para que os PCTs possam se manifestar. Essa iniciativa vem dando visibilidade a experiências de todo o país

que associam o conhecimento tradicional às práticas agrícolas sustentáveis (Bustamante, 2019). Na primeira edição do evento, em 2018, foram premiadas 15 iniciativas, com destaque para as quebradeiras de coco-babaçu, vazanteiros do Rio São Francisco, quilombolas do Vale do Ribeira, agricultores familiares de Imituba e comunidades de fundo de pasto, entre outras (Almeida e Udry, 2019). Em complemento ao Quadro 4.3, outras experiências exitosas de SATs são apresentadas no Quadro 4.4.

Importantes na produção de mudanças transformadoras para sistemas agrícolas sustentáveis, as tecnologias sociais são definidas como o “conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS Brasil, 2004). Os sistemas agroflorestais, já descritos neste capítulo, são um exemplo de tecnologia social que tem como base a troca entre os saberes e a valorização do conhecimento tradicional, das práticas e recursos locais, e são adaptadas à realidade de diferentes grupos sociais. Outro desafio para a agricultura é o uso e gestão eficiente da água, seja para irrigação ou para outros usos (Prado et al., 2017), e as tecnologias sociais muito podem trazer soluções de fácil aplicação e baixo custo. Um exemplo de tecnologia social é o armazenamento de água subterrânea, que contribui para o convívio com a seca e para a diversificação da produção agrícola. Agricultores de diversos estados do semiárido estão se beneficiando das barragens subterrâneas e permitindo que fruteiras, hortaliças, plantas medicinais, batata doce, arroz, cana-de-açúcar, entre

#### Quadro 4.4: Estudos de caso - Sistema de Agricultura Tradicional no Brasil

O Sistema Agrícola Tradicional do Rio Negro, na Amazônia, é o resultado de saberes e práticas ancestrais relacionados ao manejo do espaço e das plantas cultivadas, aos instrumentos e recursos materiais usados no plantio, ao processamento e preparo, e à forma de uso das plantas (na alimentação, no sistema de trocas ou em rituais). Esses saberes são compartilhados por mais de vinte e dois grupos indígenas dos troncos linguísticos Tukano Oriental, Arawak e Maku, e tem na mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) seu elemento mais importante, a partir do qual se estabelece uma dinâmica de manejo e cultivo de uma grande diversidade de espécies (IPHAN, 2019).

Por sua vez, o Sistema Agrícola Tradicional das Comunidades Quilombolas do Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, abrange o cultivo das roças de coivara, a diversidade de plantas manejadas, o preparo dos alimentos, a cultura material associada, os arranjos produtivos locais, as redes de comercialização e os contextos de transmissão de conhecimento e de consumo alimentar que envolvem expressões de música e dança (ISA, 2017). Essas comunidades cultivam mandioca, milho, feijão, arroz e diversas outras espécies às margens do rio Ribeira do Iguape, desde o período colonial. Seu modo tradicional de praticar a agricultura tornou-se um eixo estruturante do seu modo de vida e possibilitou sua permanência e perpetuação nos vales e montanhas da região.

O Sistema de Agricultura Tradicional da Serra do Espinhaço, também conhecido como “apanhadores de flores sempre-vivas”, foi reconhecido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) como um Sistema Importante do Patrimônio Agrícola Mundial (SIPAM), caracterizado por combinar biodiversidade, ecossistemas resilientes, conhecimento tradicional e herança cultural (FAO, 2020). Esse sistema combina diversas estratégias de vida desenvolvidas pelos apanhadores de flores sempre-vivas, que se valeram de conhecimentos transmitidos e reinventados por muitas gerações para viver nos distintos ambientes contidos na serra, no sertão e nas margens do Rio Jequitinhonha (Bustamante, 2019). As comunidades apanhadoras de flores sempre-vivas passaram a ser o primeiro SIPAM no Brasil, o quarto da América Latina e o 59º patrimônio agrícola reconhecido pela FAO em todo o mundo (FAO, 2020)

outros, sejam produzidos meses após a estação seca. Para saber mais sobre essa tecnologia social e diversas outras relacionadas ao uso eficiente da água na agricultura, consulte Prado et al. (2018).

#### 4.4.2. Extensão rural como caminho para aplicação das tecnologias e transição agroecológica

A difusão dos modelos de sistemas agrícolas sustentáveis e as suas efetivas implantações serão auxiliadas em grande monta pela atuação de uma Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) pública

de bases agroecológicas. A noção da ATER agroecológica surge da crítica à ATER convencional praticada no Brasil desde os anos 1940. A ATER agroecológica se contrapõe ao modelo extensionista baseado na Teoria da Difusão de Inovações e nos paradigmas e tecnologias da Revolução Verde, sendo capaz de propor enfrentamento aos desafios socioambientais com bases teórico-conceituais e metodológicas revisadas e na perspectiva do desenvolvimento sustentável frente às demandas da sociedade (Caporal & Costabeber, 1994). No país, dentre os marcos legais importantes para a inclusão

da visão agroecológica na ATER, figura a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER), Lei Federal nº 12.188/2010 (Brasil, 2010), que propôs reestruturação, reorientação e renovação do serviço extensionista no país. Dentre os princípios da PNATER, destaca-se a “adoção dos princípios da agricultura de base ecológica como enfoque preferencial para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis” (Art. 3º, Inciso IV). A PNATER influenciou as entidades prestadoras de serviços de ATER e a criação do “Marco Referencial em Agroecologia” (Embrapa, 2006). A implementação da PNATER influenciou ainda a criação de vários cursos de Agroecologia no país, totalizando 136 cursos em 2014 (Diniz & Hespanhol, 2019).

No entanto, a maioria das experiências de ATER Agroecológica concretizaram-se na forma de projetos de curta duração executados por organizações locais não governamentais, com financiamentos do governo federal (Caporal & Cambrós, 2017), o que vinha dificultando a consolidação da agroecologia como norteadora de políticas públicas nacionais para o desenvolvimento rural integrado (Azevedo & Netto, 2015) de bases agroecológicas. No âmbito municipal, a Articulação Nacional de Agroecologia – ANA (ANA, 2021) identificou a existência de iniciativas de políticas municipais que promovem a transição agroecológica em 531 municípios de 26 estados. Das 721 iniciativas mapeadas, mais de 1/3 (39%) se localizam em estados da região Sul. No Nordeste, os estados em destaque foram Maranhão, Ceará, Pernambuco e Paraíba. A região Norte foi a que apresentou o menor número de iniciativas. Quanto aos biomas, a Mata Atlântica detém mais da metade

das iniciativas (565), seguida da Caatinga, Cerrado, Amazônia, Pampa e Pantanal, nessa ordem. O apoio às feiras e circuitos curtos de comercialização foi tema de maior incidência dentre 41 temas identificados no levantamento feito pela Agência Nacional de Agroecologia (ANA). O tema das compras institucionais apareceu em segundo lugar, como a compra direta da agricultura familiar para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), seguindo a Lei Federal nº 11.947/2009 (Brasil, 2009). Além de ajudar no escoamento da produção dos agricultores familiares, o PNAE contribui positivamente para a educação, pois tem como principal objetivo proporcionar aos estudantes uma alimentação digna, que garanta pelo menos, nutrição segura e de qualidade (Paula et al., 2023). Em alguns municípios também se observou a incorporação progressivamente da compra de alimentos de origem agroecológica e/ou orgânica (ANA, 2021).

#### **4.4.3. Restauração de paisagens e ecossistemas como mecanismo de desenvolvimento socioeconômico**

No Brasil, políticas públicas nos âmbitos federal, estadual e municipal têm sido implementadas para fortalecer a agenda de restauração de paisagens e ecossistemas. Ênfase deve ser dada à Política Nacional de Restauração da Vegetação Nativa (PROVEG) e ao Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG), mas vale também destacar a importância dos Pagamentos por Serviços Ambientais (já mencionados no capítulo 1) para a restauração de paisagens e ecossistemas, como por exemplo a iniciativa do Conservador das Águas, de Extrema/MG. Criado em 2005, ele foi o primeiro projeto

bem-sucedido de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) do país, voltado para incentivos para a restauração de forma a garantir a segurança hídrica da região.

Além da capacidade de auxiliar a produção agrícola, por meio do fornecimento de água, da provisão de outros serviços ecossistêmicos e do manejo baseado no conhecimento ecológico (Rey Benayas & Bullock, 2012), o uso econômico sustentável da vegetação, nativa e restaurada, oferece oportunidades para o desenvolvimento de inovações tecnológicas e o fortalecimento de cadeias produtivas com capacidade para atrair capital público e privado, gerando empregos e renda na região. Essas oportunidades são especialmente vantajosas para áreas de baixa aptidão agrícola (Sparovek et al., 2015), em que a restauração da área seguida pela exploração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros pode ser mais rentável do que a pecuária em pastagem degradada (Mello et al., 2021; Strassburg et al., 2014). Como um exemplo, a restauração de apenas 10% da área degradada da Amazônia representaria, além do reflorestamento de 5,7 milhões de hectares, o sequestro de mais de 2 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> da atmosfera e uma receita de até R\$ 132 bilhões, via comercialização de créditos de carbono (Strassburg et al., 2022).

Outra importância da cadeia da restauração de paisagens e ecossistemas é o impacto social nas comunidades locais, por meio, por exemplo, de atividades diretas como a coleta e processamento de sementes, a produção e a comercialização de mudas, e a realização e a manutenção dos plantios. As iniciativas da Rede de Sementes do Xingu, das associações

no entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e das cooperativas na margem da Hidrelétrica de Jirau (Schmidt et al., 2019) são exemplos de redes comunitárias que obtiveram sucesso na cadeia produtiva de sementes e mudas, gerando renda e novos empregos para as comunidades locais, em conjunto com a restauração de áreas degradadas. Segundo Freire et al. (2017), apenas a venda de sementes para a restauração representa um mercado de, no mínimo, R\$ 120 milhões anuais para o Brasil como um todo, ao se levar em conta os 12,5 milhões de hectares previstos para restauração no PLANAVEG. Além disso, indiretamente, a cadeia da restauração de paisagens e ecossistemas ainda fomenta atividades posteriores, como turismo rural, ecológico e gastronômico e comercialização de produtos madeireiros e não madeireiros.

Dependendo de como e por quem o trabalho de restauração será executado e de quem será capaz de aproveitar os benefícios da terra restaurada, a agenda da restauração ainda pode contribuir ao alcance das metas de outros ODS associadas ao combate das desigualdades sociais. Para isso, os programas de restauração de paisagens e ecossistemas devem promover ativamente a inclusão de mulheres e de povos e comunidades tradicionais em todo o processo (Aliança pela Restauração na Amazônia, 2020). A inclusão social desses segmentos e grupos sociais na cadeia da restauração permitirá a melhora da qualidade de vida dessas pessoas e auxiliará a promover a sua permanência no meio rural (Urzedo et al., 2016; Vidal & Vicens, 2020). Como impacto de longo alcance, a restauração de paisagens e ecossistemas poderá reduzir as taxas de êxodo rural e

de abandono de terras equivocadamente consideradas improdutivas (FAO, 2006; Moreira et al., 2018). Para saber mais sobre a restauração de paisagens e ecossistemas, consulte o Relatório Temático Restauração de Paisagens e Ecossistemas da BPBES (Crouzeilles et al., 2019).

#### **4.4.4. Agricultura 4.0 - Inclusão digital no campo**

A Agricultura 4.0 consiste na aplicação de tecnologias digitais para coleta, transmissão e processamento de dados em tempo real para melhorar a produtividade e a sustentabilidade do campo. Uma das grandes vantagens da interconectividade de equipamentos (também chamado de Internet das Coisas) como tratores e máquinas agrícolas aliadas à inteligência artificial e aprendizado de máquina é a redução do consumo de água, fertilizantes e agrotóxicos, uma vez que são utilizadas apenas as quantidades mínimas e em áreas específicas do plantio. Em consequência, é esperado não somente o aumento da eficiência na produção de alimentos, mas também a disseminação de práticas agrícolas mais sustentáveis, a conservação de recursos naturais e a redução da degradação ambiental.

Um Guia para o reconhecimento de inimigos naturais de pragas agrícolas foi embarcado num aplicativo gratuito (Guia InNat), projetado para dispositivos móveis com tela sensível ao toque, como tablets e smartphones. Além de permitir acessar imagens de agentes naturais de controle de pragas agrícolas, traz informações de predadores e parasitoides com características morfológicas, ciclo de vida e

sua função. Esse aplicativo é um salto para o manejo mais ecológico no controle de pragas e conservação da saúde do homem e do ambiente. O Restaura Mata Atlântica é outro aplicativo móvel que permite filtrar elementos biofísicos do ambiente para que a seleção das espécies nativas do bioma seja melhor e o processo de restauração mais eficiente.

No entanto, essa nova revolução agrícola é muito recente no mundo e no Brasil e tem pela frente muitos desafios antes de ser ampliada e consolidada para todos os biomas, especialmente devido ao acesso precário aos recursos digitais em muitas regiões do país. Por exemplo, segundo o Censo Agropecuário de 2017 do IBGE, apenas 27% das propriedades rurais tinham acesso à internet, apesar do aumento de 1900% em relação ao Censo Agropecuário de 2006. Em comparação, em um contexto global, de 42 a 62% das propriedades rurais têm acesso à internet por meio de tecnologia de quarta (4G) ou de terceira geração (3G), respectivamente. Outro importante desafio a ser superado é a inclusão das pessoas nos sistemas de inovação tecnológica, uma vez que os avanços têm sido direcionados quase exclusivamente à produtividade e ao ambiente. Uma das consequências de ignorar a necessidade da sustentabilidade social é a intensificação da distribuição desigual de alimentos e de renda.

#### **4.5 Considerações finais**

Não é possível garantir a preservação de toda a biodiversidade nacional e dos bens e serviços ecossistêmicos que ela provê apenas dentro dos limites das unidades de conservação de proteção integral ou

mesmo do conjunto das áreas protegidas. Fomentar a conservação da natureza em áreas privadas é fundamental, uma vez que mais da metade da vegetação nativa do Brasil encontra-se dentro destas áreas, em mosaicos de ecossistemas naturais e áreas de cultivo agrícola ou pastagens, com maior ou menor presença e predominância dos componentes naturais e com a conservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A formação e evolução dos mosaicos de áreas agrícolas em cada região do país seguem o padrão determinado pela distribuição da produção agrícola, muito variável dentro de cada bioma, e refletem as tendências de expansão agrícola observadas hoje em dia. Na Amazônia, essa expansão divide-se em quatro principais frentes: roça-capoeira, pastagem para bovinos, plantio de soja, plantio de dendê e agrofloresta. Na Caatinga, as tendências atuais de agricultura irrigada de alta produtividade estão localizadas principalmente ao longo da bacia do rio São Francisco e na região oeste do bioma. No Cerrado, a principal tendência de expansão está ligada à produção de soja no MATOPIBA. Na Mata Atlântica, a expansão agrícola e florestal vem empurrando o desmatamento e a supressão de outros tipos de vegetação para áreas mais planas, assim como atividades pecuárias estimulam o desmatamento de áreas mais acidentadas. Finalmente, no Pampa, observa-se a expansão acelerada de lavouras de soja para áreas de várzea, provocando grandes alterações na paisagem do Pampa, com impactos negativos sobre a biodiversidade pela supressão da vegetação nativa e aumento da aplicação de agrotóxicos. A transição florestal em curso na Mata

Atlântica, e ainda a redução de áreas de vegetação nativa em outros biomas colocam em xeque a conservação no médio e longo prazo de comunidades diversas da fauna e da flora, na medida em que a diminuição da complexidade e da redundância funcional de fragmentos jovens diminuem a resiliência deles, frente às alterações abióticas em curso.

Em paisagens antropizadas rurais, onde há uma preocupação com a proteção da biodiversidade, com a manutenção dos serviços ecossistêmicos e com a inclusão social, considerando os saberes e práticas locais dos Povos e Comunidades Tradicionais e/ou Agricultores Familiares, há maior resiliência e a provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos. Esses saberes presentes nos SATs são constitutivos das identidades territoriais e decisivos para a conservação da agrobiodiversidade. As soluções para a manutenção desses conhecimentos passam pelo seu reconhecimento público como Patrimônio Cultural e por outras formas de valorização e visibilidade. Os SATs são embasados em tecnologias sociais que valorizam o conhecimento tradicional. Como um sistema aberto, são igualmente capazes de incorporar inovações como o armazenamento de água subterrânea.

A conservação da biodiversidade depende de que tanto a agricultura familiar tradicional quanto o agronegócio de larga escala incorporem ou mantenham práticas agrícolas e de manejo dos recursos naturais mais eficientes e sustentáveis, e a extensão rural possui um papel fundamental nessa transição. No Brasil, ainda que os marcos legais e as políticas públicas de extensão rural de bases agroecológicas se proponham

a renovar o serviço extensionistas no país, suas ações vêm se limitando a projetos de curta duração e tais iniciativas não se encontram difundidas com a mesma intensidade em todas as regiões.

Reduzir o passivo ambiental e potencializar as externalidades ambientais positivas da agricultura, como a conservação da biodiversidade e mitigação da mudança climática, requer o enfrentamento da degradação ambiental das áreas cultivadas. Sistemas de produção baseados em práticas de conservação do solo e da água, diversificados no tempo e no espaço, com conectividade entre remanescentes naturais e com uso mínimo de insumos emergem do próprio mercado e de consumidores cada vez mais exigentes. Sistemas agroflorestais e integrados como a integração lavoura-pecuária-floresta, florestas mistas e multifuncionais ganham espaço cada vez maior no campo, pois conectam elementos da paisagem que dão resiliência e estabilidade à produção agrícola e à provisão de serviços ecossistêmicos.

As inovações tecnológicas pertencentes à era da Agricultura 4.0 têm o potencial de efetivamente minimizar o consumo de recursos essenciais na produção agrícola, abrindo caminho para a otimização significativa da eficiência e da sustentabilidade dos sistemas envolvidos. Medidas como o emprego de sensores altamente precisos para monitorar as condições do solo, da água e das plantas, a aplicação direcionada de fertilizantes e agrotóxicos através de drones controlados por inteligência artificial, e a implementação de sistemas integrados de gerenciamento baseados em dados trabalham em conjunto

para aprimorar a utilização dos insumos, resultando em uma produção agrícola mais eficaz e ecologicamente equilibrada. Porém, a disseminação dessas tecnologias esbarra em fatores como a baixa conectividade nas áreas rurais do país e a inclusão das pessoas nos sistemas de inovação tecnológica. Assim, a valorização das soluções baseadas em tecnologias sociais e de baixo insumo para possibilitar um aumento da produtividade e no mesmo tempo promover a conservação da biodiversidade continuará a ser altamente desejável, no atendimento do interesse da grande maioria dos agricultores do país, impactando, em consequência, também a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [2012]. NBR 14789: *Manejo florestal sustentável: princípios, critérios e indicadores para plantações florestais*. Rio de Janeiro, 38 p.
- Aleixo, S., Gama-Rodrigues, A. C., Costa, M. G. et al. (2017). P transformations in cacao agroforests soils in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. *Agroforest Syst* 91, 423–437. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9939-6>
- Aliança Pela Restauração na Amazônia. (2020). Panorama e caminhos para a restauração de paisagens florestais na Amazônia. Position paper: 16p. ISBN 978-65-00-12760-7. Disponível em: <[https://aliancaamazonia.org.br/wp-content/uploads/2021/06/paper\\_alianca\\_pt\\_2020\\_final.pdf](https://aliancaamazonia.org.br/wp-content/uploads/2021/06/paper_alianca_pt_2020_final.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Almeida, J. S. S. E. & Udry, M. C. F. V. (eds.) (2019). *Sistemas agrícolas tradicionais no Brasil*. Coleção povos e comunidades tradicionais, 3, Embrapa. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197939/1/Colecao-povos-e-comunidades-tradicionais-ed-01-vol-03.pdf>>. acesso em: ago. de 2024.
- Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(1), 35–42. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0035:LEATFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0035:LEATFI]2.0.CO;2)
- Alves, F. V., Nicodemo, M. L. F. & Porfirio-da-Silva, V. (2015). Bem-estar Animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Em: *Integração lavoura-pecuária-floresta: O produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa.p. 273–289. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1023612/1/90000033ebookpdf.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Amazonas, N. T., Forrester, D. I., Silva, C. C. et al. (2018). High diversity mixed plantations of Eucalyptus and native trees: An interface between production and restoration for the tropics. *Forest Ecology and Management* 417, 247–256. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.015>
- ANA. Articulação Nacional de Agroecologia. (2021). *Municípios agroecológicos e políticas de futuro: iniciativas municipais de apoio à agricultura familiar e à agroecologia e de promoção da segurança alimentar e nutricional*. Londres, F., Monteiro, D., Brochard, V., Maselli & M., Jomalini (org.), Ed. 2. Rio de Janeiro: Articulação Nacional de Agroecologia - ANA. Disponível em: <<https://agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2021/01/Municípios-Agroecologicos-e-Politicas-de-Futuro.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Araujo, H. R. (2014). *Potencial de um sistema silvipastoril com Gliricídia em substituição a fertilização nitrogenada em Capim-Marandu*. Dissertação (Mestrado). Aracaju: Universidade Federal de Sergipe. 52 p.
- Azevedo, L. F. D. & Netto, T. A. (2015). Agroecologia: o “caminho” para o desenvolvimento rural sustentável no processo de extensão rural. *Rev. Eletrônica Gest., Educ. Tecnol. Ambient* 19(3), 639–45.
- Balbino, L. C., Kichel, A. N., Bungestab, D. J. & Almeida, R. G. Sistemas de integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios. (2019). Em: Bungestab, D. J., Almeida, R. G., Laura, V. A., Balbino, L. C., Ferreira, A. D. (eds). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 31–42. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113066/1/CAP1BALBINO.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Balieiro, F. de C., de Moraes, L. F. D., Prado, R. B. et al. (2020). Ecosystem services in eucalyptus planted forests and mixed and multifunctional planted forests. Em: Cardoso, E. J. B. N., Gonçalves, J. L. D., Balieiro, F. C. & Franco, A. A. (orgs.). *Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees*, p. 193–219). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3_10)
- Balieiro, F., Martins, A. L. da S., Donagemma, G. K. et al. (2023). *Informe Técnico: comunidades quilombolas do mato da Pedra Branca preservam o solo da maior floresta urbana do planeta e incrementam seus estoques de carbono do solo*. AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia.
- Barbieri, R., Costa Gomes, J., Alercia, A. & Padulosi, S. (2014). Agricultural biodiversity in southern Brazil: integrating efforts for conservation and use of neglected and underutilized species. *Sustainability* 6(2), 741–757. <https://doi.org/10.3390/su6020741>
- Barbosa, J. B. M., Gomes, W. B., Malaquias, J. V., Aquino, F. D. G. & Albuquerque, L. B. D. (2018). Métodos de controle de braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) em área de restauração ecológica de mata ripária, DF. *Ciência Florestal* 28(4), 1491–1501. <https://doi.org/10.5902/1980509835096>
- Batista, A., Calmon, M., Lund, S., Assad, L., Pontes & Biderman, R. (2021). Investing in native tree species and agroforestry systems in Brazil: an economic valuation. Disponível em: <[https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/wribrasil\\_verena\\_ing\\_baixa.pdf](https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/wribrasil_verena_ing_baixa.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Batista, A., Prado, A., Pontes, C. & Matsumoto, M. (2017). *Verena Investment Tool: valuing reforestation with native tree species and agroforestry systems*. Technical note. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível em: <[www.wri.org/publication/verenainvestment-tool](http://www.wri.org/publication/verenainvestment-tool)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Boddey, R. M., Jantalia, C. P., Macedo, M. O. et al. (2010). Carbon and nitrogen stocks and N<sub>2</sub>O emission under different land use in Atlantic Forest biome. *Pesq. Agropec. Bras.* 45, (2). <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200011>.
- Brançalion, P. H. S., Niamir, A., Broadbent, E. et al. (2019). Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Science Ad-*

- vances 5(7), eaav3223. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>
- Brancalion, P. H. S., Amazonas, N. T., Chazdon, R. L. et al. (2020). Exotic eucalypts: From demonized trees to allies of tropical forest restoration? *Journal of Applied Ecology* 57(1), 55–66. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13513>
- Brasil. Lei Nº 11.947, 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nºs 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei nº 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências.
- Brasil. Lei Nº 12.188, 11 de janeiro de 2010. Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária - PRONATER, altera a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e dá outras providências.
- Brasil. Lei Nº 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- Bretas, I. L., Paciullo, D. S. C., Alves, B. J. R. et al. (2020). Nitrous oxide, methane, and ammonia emissions from cattle excreta on *Brachiaria decumbens* growing in monoculture or silvopasture with *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 295, 106896. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106896>
- Brockhoff, E. G., Jactel, H., Parrotta, J. A. & Ferraz, S. F. B. (2013). Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *Forest Ecology and Management* 301, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.018>
- Buainain, A. M. & Garcia, J. R. (2015). Polos de Irrigação no Nordeste do Brasil: Desenvolvimento recente e perspectivas. *Confins* 23. <https://doi.org/10.4000/confins.10031>
- Bustamante, P. G. (2019). Prefácio. Em: Eidt, J. S. & Udry, C. (orgs.). *Sistemas agrícolas tradicionais no Brasil*, 3, p. 15–20. Brasília-DF: Embrapa. Disponível em: <file:///C:/Users/m312055/Downloads/Colecao-povos-e-comunidades-tradicionais-e-d-01-vol-03%20(1).pdf>. Acesso em: ago. de 2024.
- Cabreira, W. V. (2023). *Supressão de Corymbia citriodora (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson: uma discussão sobre as alterações do solo*. Tese [Doutorado]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Seropédica, RJ. Instituto de Florestas Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, 83p.
- Campos, M. V. A., Homma, A. K. O., Menezes, A. J. E. A. D., Filgueiras, G. C. & Martins, W. B. R. (2022). Dinâmica dos sistemas agroflorestais com as sinergias socioeconômicas e ambientais: Caso dos cooperados nipo-paraenses da cooperativa agrícola mista de Tomé-Açu, Pará. *Research, Society and Development* 11(1), e22811121000. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.21000>
- Caporal, F. R. & Costabeber, J. A. (1994). Por uma nova extensão rural: fugindo da obsolescência. *Extensão Rural* 2, 7-32.
- Caporal, F. R. & Costabeber, J. A. (2017). Extensão rural agroecológica: experiências e limites. *Revista do Desenvolvimento Regional* 22(2), 275-297. <https://doi.org/10.17058/redes.v22i2.9352>
- Cardoso, J. H., Insaurriaga, I. C., Grinberg, P. da S. & Bergmann, N. T. Sistemas agroflorestais e conversão agroecológica: o desafio do redesenho dos sistemas de produção. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 169, Pelotas, RS: Embrapa, 29 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/992691/1/boletim169web.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Carvalho, P. E. R. (2003). Espécies arbóreas nativas: silvicultura e usos. Em: Semana do Estudante Universitário, Florestas e Meio Ambiente: palestras, 1, Colombo-PR: Embrapa Florestas. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50914/1/Carvalho.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Cassiano, C. C. (2017). *Efeitos hidrológicos da composição da paisagem em microbacias com florestas plantadas de Eucalyptus*. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. <https://doi.org/10.11606/T.11.2017.tde-16082017-085416>
- Chaer, G. M., & Tótola, M. R. (2007). Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31(6), 1381–1396. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>
- CI Brasil. *Inovação Tecnológica na Agricultura: difusão de tecnologias que geram aumento de produtividade e melhor gestão do capital natural*. (2021). Disponível em: <[https://www.conservation.org/docs/default-source/brasil/ggp\\_genero\\_cartilha\\_4\\_pt\\_web.pdf](https://www.conservation.org/docs/default-source/brasil/ggp_genero_cartilha_4_pt_web.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Coelho, S. D., Levis, C., Baccaro, F. B. et al. (2021). Eighty-four per cent of all Amazonian arboreal plant individuals are useful to humans. *PLOS ONE* 16(10), e0257875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257875>
- Cordeiro, I. M. C. C., Barros, P. L. C. D., Lameira, O. A. & Gazel Filho, A. B. (2015). Avaliação de plantios de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e

- sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará—PA (Brasil). *Ciência Florestal* 25(3), 679–687. <https://doi.org/10.5902/1980509819618>
- Costa, K. C. P., De Carvalho Gonçalves, J. F., Gonçalves, A. L. et al. (2022). Advances in Brazil Nut Tree Ecophysiology: Linking Abiotic Factors to Tree Growth and Fruit Production. *Current Forestry Reports* 8(1), 90–110. <https://doi.org/10.1007/s40725-022-00158-x>
- Coutinho, H. L. C., Noellemeier, E., Balieiro, F. C. et al. (2014). Impacts of land-use change on carbon stocks and dynamics in central-southern South American Biomes: Cerrado, Atlantic Forest and Southern Grasslands. In: Banwart, S. A., Noellemeier, E. & Milne, E. (orgs.). *Soil Carbon Science, Management and Policy for Multiple Benefits* 71, 244–264. <https://doi.org/10.1079/9781780645322.0243>
- Crouzeilles, R., Rodrigues, R. R., Strassburg, B. B. N. et al. (2019). *Relatório Temático sobre Restauração de Paisagens e Ecossistemas*. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES), São Carlos: Editora Cubo, 76 p. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-91-5>
- Dean, W. (1997). *A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. Companhia das Letras.
- Dechoum, M.S., Junqueira, A. O. R., Orsi, M.L. (org.). (2024). *Relatório Temático sobre Espécies Exóticas Invasoras, Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES). 1ª edição, São Carlos: Editora Cubo. 293 p. <https://doi.org/10.4322/978-65-00-87228-6>
- Dias, P. F., Souto, S. M., Franco, A. A. (2007). Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagem. *Pesq. Agropec. Bras.* 42 (1), 119–126.
- Diniz, R. F. & Hespanhol, A. N. (2019). Reestruturação, reorientação e renovação do serviço extensionista no Brasil: A (difícil) implementação da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER). *Extensão Rural* 25(2), 7. <https://doi.org/10.5902/2318179633174>
- Dominati, E., Patterson, M. & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics* 69(9), 1858–1868. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Marco referencial em agroecologia*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/107364/marco-referencial-em-agroecologia>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental*. Oliveira, I. M & Oliveira, E. B.(eds.). Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1076130/plantacoes-florestais-geracao-de-beneficios-com-baixo-impacto-ambiental>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Falkenmark, M. & Folke, C. (2002). The ethics of socio-ecohydrological catchment management: Towards hydrosolidarity. *Hydrology and Earth System Sciences* 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.5194/hess-6-1-2002>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *The role of agriculture and rural development in revitalizing abandoned/depopulated areas*. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cae06c5d-3a2e-4ebf-9c90-85cb1b4132b2/content>>. Acesso em: ago. de 2024.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018) *The state of the world's forests 2018 – forest pathways to sustainable development*. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/be8fb3cf-5c42-48c1-1-ae0-a364d1b9544d/content>>. Acesso em: ago. de 2024.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Apanhadoras e apanhadores de flores sempre-vivas recebem reconhecimento internacional da FAO como o primeiro Patrimônio Agrícola Mundial do Brasil*. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1265788/>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Fazenda da Toca. 2022. *Fazenda da Toca – Orgânicos*. Disponível em: <<https://fazendadatoca.com.br/fazenda-da-toca-um-polo-de-producao-organica-em-larga-escala-2019>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Ferraz, S. F. B., Lima, W. P. & Rodrigues, C. B. (2013). Managing forest plantation landscapes for water conservation, *Forest Ecology and Management* 301, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.015>.
- Ferreira, M. J., Levis, C., Chaves, L., Clement, C. R. & Soldati, G. T. (2022). Indigenous and Traditional Management Creates and Maintains the Diversity of Ecosystems of South American Tropical Savannas. *Frontiers in Environmental Science* 10, 809404. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.809404>
- Figueiredo, E. B. de, Jayasundara, S., De Oliveira Bordonal, R. et al. (2017). Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 142, 420–431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>
- Flores, B. M. & Levis, C. (2021). Human-food feedback in tropical forests. *Science* 372(6547), 1146–1147. <https://doi.org/10.1126/science.abh1806>
- Franzluebbers, A.J. & Stuedemann, J.A. (2008). Early Response of Soil Organic Fractions to Tillage and Integrated Crop–Livestock Production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72, 613–625. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0121>
- Freire, J. M., Urzedo, D. D. & Piñeiro-Rodrigues, F. C. (2017). A realidade das sementes nativas no Brasil: Desafios e oportunidades para a produção em larga escala. *Seed News* 21(5), 24–28. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24162.02243/1>
- FSC Brasil. (2014). *FSC-STD-BRA-01-2014 V1-1 PT: Avaliação de*

- plantações florestais da República Federativa do Brasil: padrão harmonizado entre as certificadoras*. São Paulo, 53 p.
- Gama-Rodrigues, A. C. (2020). Multi-functional mixed-Forest plantations: the use of brazilian native leguminous tree species for sustainable rural development. Em: Cardoso, E. J. B. N., Gonçalves, J. L. D. M., Balleiro, F. D. C. & Franco, A. A. (orgs.). *Mixed plantations of eucalyptus and leguminous trees*, Springer International Publishing, 241–256. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3_12)
- Gianetti, G. W. & Ferreira Filho, J. B. D. S. (2021). O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 59(1), e216524. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.216524>
- Giller, K. & Wilson, K. (1991). *Nitrogen fixation in tropical cropping systems*. C.A.B. Int. Wallingford, Oxon, UK. 313 p.
- Gonçalves, J. L., Alvares, C. A., Rocha, J. H., Brandani, C. B. & Hakamada, R. (2017). Eucalypt plantation management in regions with water stress. *Southern Forests: A Journal of Forest Science* 79(3), 169–183. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1255415>
- Guia de agrofloresta na Mata Atlântica: experiências em mosaicos de unidade de conservação*. (2021). São Paulo: Agroicone. 48p. Disponível em: <[https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2021/09/Guia-de-Agrofloresta-na-Mata-Atlantica\\_12\\_2021.pdf](https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2021/09/Guia-de-Agrofloresta-na-Mata-Atlantica_12_2021.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Hakamada, R., Hubbard, R. M., Ferraz, S., Stape, J. L. & Lemos, C. (2017). Biomass production and potential water stress increase with planting density in four highly productive clonal *Eucalyptus* genotypes. *Southern Forests: A Journal of Forest Science* 79(3), 251–257. <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1256041>
- Hoffmann, W. A. & Franco, A. C. (2003). Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. *Journal of Ecology* 91(3), 475–484. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00777.x>
- IBÁ. 2017. *Árvores plantadas e biodiversidade*. Infográfico. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/infografico-biodiversidade.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- IBÁ. 2021. *Relatório Anual IBÁ: Ano base 2020*. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. (1980). *Relatório das atividades do convênio ITAPEVA/ IPEF/DS-ESALQ-USP - Estudo sobre a influência da distribuição de reservas enriquecidas de vegetação natural em povoamentos homogêneos de Eucalyptus, visando o controle biológico e conservação da fauna silvestre*. Documento em acervo pessoal, contato: [e-mail: jose.maia53@terra.com.br].
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Sistema agrícola tradicional do Rio Negro*. (2019). Diego Simas, D. & Barbosa, Y. Brasília, DF: IPHAN. 190 p. ISBN: 978-85-7334-351-9 1. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/dossie\\_19\\_sistema\\_agricola\\_web\\_\\_12jul19.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/dossie_19_sistema_agricola_web__12jul19.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. (2022). *Sistema agrícola tradicional das comunidades quilombolas do Vale do Ribeira*. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/galeria/detalhes/633>>. Acesso em: ago. de 2024.
- ISA. Instituto socioambiental. *Dossiê - Sistema Agrícola Tradicional Quilombola do Vale do Ribeira*. (2017). 278 p. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossi%C3%AA\\_relato\\_111.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossi%C3%AA_relato_111.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- ITS Brasil. Instituto de Tecnologia Social. (2004). *Caderno de Debate - Tecnologia Social no Brasil*. São Paulo-SP:ITS. 26 p.
- Kern, J., Giani, L., Teixeira, W., Lanza, G. & Glaser, B. (2019). What can we learn from ancient fertile anthropic soil (Amazonian Dark Earths, shell mounds, Plaggen soil) for soil carbon sequestration? *CATENA* 172, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.08.008>
- Krainovic, P. M., Bastos, R. P., Almeida, D. R. D. et al. (2020). Effect of rosewood plantation chronosequence on soil attributes in Central Amazonia. *Geoderma* 357, 113952. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113952>
- Lara, C. S., Costa, C. R. & Sampaio, P. D. T. B. (2021). O mercado de sementes e mudas de pau-rosa (*Aniba* spp.) no Estado do Amazonas. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 59(3), e221035. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.221035>
- Lima, W. P., Laprovitera, R., Ferraz, S. F. B., Rodrigues, C. B. & Silva, M. M. (2012). Forest Plantations and Water Consumption: A Strategy for hydro-solidarity. *International Journal of Forestry Research*, 908465, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/908465>
- Lima, I. L. P., Scariot, A. & Giroldo, A. B. (2013). Sustainable Harvest of Mangaba (*Hancornia speciosa*) Fruits in Northern Minas Gerais, Brazil. *Economic Botany* 67(3), 234–243. <https://doi.org/10.1007/s12231-013-9244-5>
- Lima, R. A. F., Oliveira, A. A., Pitata, G. R. et al. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nat Commun* 11, 6347. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>
- Lima, V. P., De Lima, R. A. F., Joner, F., Siddique, I., Raes, N. & Ter Steege, H. (2022). Climate change threatens native potential agroforestry plant species in Brazil. *Scientific Reports* 12(1), 2267. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06234-3>
- Maia, A. G., Eusebio, G. D. S., Fasiabem, M. D. C. R. et al. (2021). The economic impacts of the diffusion of agroforestry in Brazil. *Land Use Policy*

- 108, 105489. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105489>
- Maia, J. L. da S. (2015). *Relatório de Visita Técnica à Fazenda da Toca, realizada em 03 de agosto de 2015*. Acervo técnico profissional do autor.
- Maia, J. L. da S. (2018). *Projetos de biodiversidade e RPPN nas áreas adquiridas pela Suzano, da Duratex, em Lençóis Paulista – Capítulo histórico*. Relatório de consultoria com os extratos dos projetos desenvolvidos. Disponível nos arquivos da Suzano e do autor. E-mail jose.maia53@terra.com.br.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - *Projeções do Agronegócio Brasil 2021/22 a 2031/32 Projeções de Longo Prazo, 13ª edição*. (2022). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-deve-crescer-36-8-nos-proximos-dez-anos/projeesdoagronegocio20212022a203132.pdf>
- MapBiomass. Projeto MapBiomass. (2023a). *Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8*. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Mello, K. de, Fendrich, A. N., Sparovek, G. et al. (2021). Atingir metas privadas de conservação no Brasil por meio de esquemas de restauração e compensação sem prejudicar as terras produtivas. *Ciência e Política Ambiental* 120, 1-10.
- Melo, F. P. L. (2017). The socio-ecology of the Caatinga: understanding how natural resource use shapes an ecosystem. In: Silva, J. M. C., Leal, I. R. & Tabarelli, M. (eds). *Caatinga*. Springer. p.369-382. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_14)
- Melotto, A. M., Laura, V. A., Bungentab, D. J. & Ferreira, A. D. (2019). Espécies florestais em sistemas de produção em integração. Em: *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Bungenstab, D. J. et al.(eds.). Brasília, DF: Embrapa, p. 429-454.
- Miccolis, A., Peneireiro, F. M., Marques, H. R. et al. (2016). *Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília, DF: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal, 266 p.
- Miranda, E. E. de, Magalhães, L. A. & Carvalho, C. A. de (2014). *Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA*. Campinas-SP: Embrapa. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037313/1/NT1DelimitacaoMatopiba.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Moraes, L. F. D. de, De Oliveira, R. E., Zakia, M. J. B. & Von Glehn, H. C. (2020). The brazilian legal framework on mixed-planted forests. Em: Cardoso, E. J. B. N., Gonçalves, J. L. D. M, Balieiro, F. C. & Franco, A. A. (orgs.). *Mixed Plantations of Eucalyptus and Leguminous Trees*, Springer International Publishing, p. 257–270. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32365-3_13)
- Moreira, G. L., Araujo, E. C. G., Celestino, P. C. G. et al. (2018). Landscape ecology and geotechnologies as tools for the management of biological conservation. *Journal of Experimental Agriculture International* 27(1), 1-12. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43641>
- Nabinger, C., Ferreira, E. T., Freitas, A. K., Carvalho, P. D. F. & Sant'Anna, D. M. (2009). Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. Em: Pillar, V. P., Müller, S. C., Castilhos, Z. M. de S. & Jacques, A. V. A. (org.) *Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 175-98.
- Nabinger, C. & Dall'agnol, M. (2019). *Guia para reconhecimento de espécies dos campos sulinos*. Brasília: IBAMA. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/flora/Guia\\_de\\_especies\\_dos\\_campos\\_Sulinos\\_Ibama.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/flora/Guia_de_especies_dos_campos_Sulinos_Ibama.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Novotny, E. H., Maia, C. M. B. D. F., Carvalho, M. T. D. M. & Madari, B. E. (2015). Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use - a critical review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39(2), 321–344. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140818>
- Oliveira, T. K. (2013). Sistemas integrados na Amazônia Brasileira: experiências demonstrativas e resultados de pesquisa. Em: *Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de pesquisa*. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável: 10 anos de pesquisa, *Anais...* Campo Grande, MS. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97086/1/24897.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Oliveira, T. E. D., Freitas, D. S. D., Gianezini, M. et al.(2017). Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. *Land Use Policy* 63, 394–400. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.010>
- Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A. P. et al. (2017). Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports* 7(1), 9141. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>
- Oliveira, E. A., Marimon-Junior, B. H., Marimon, B. S., et al. (2020). Legacy of Amazonian Dark Earth soils on forest structure and species composition. *Global Ecology and Biogeography* 29(9), 1458–1473. <https://doi.org/10.1111/geb.13116>
- Pacheco, A. R., Chaves, R. de Q., Nicoli & C. M. L. (2013). Integration of crops, livestock, and forestry: a system of production for the Brazilian Cerrados. Em: Hershey, C. H.; Neate E, P. (eds.). *Eco-efficiency: from vision to reality*. Cali: CIAT, p. 51-61.
- Paciullo, D. S. C., Fernandes, P. B., Gomide, C. A. D. M. et al. (2011). The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(2), 270–276. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200006>

- Paciullo, D. S., Pires, M. F. & Müller, M.D. (2017). Oportunidades e desafios dos sistemas integrados na produção animal: ênfase nos sistemas silvipastoris. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 25, 25–35.
- Parfitt, J. M. B., Concenço, G., Scivitaro, W. B. et al. (2017). Soil and water management for sprinkler irrigated rice in southern Brazil. *Advances in international rice research* 3-18. <https://doi.org/10.5772/66024>
- Paula, S. da R., Sambuichi, R. H. R., Silva, S. P., Alves, F. & Valadares, A. A. (2023). *A inserção da agricultura familiar no Programa Nacional de Alimentação Escolar: impactos na renda e na atividade produtiva*, 2884. Texto para Discussão. São Paulo-SP: IPEA. Disponível em: <[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12092/1/TD\\_2884\\_Web.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12092/1/TD_2884_Web.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Pezzopane, J. R. M., Nicodemo, M. L. F., Bosi, C., Garcia, A. R. & Lulu, J. (2019). Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal Biology* 79, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>
- Pinho, R. C., Miller, R. P. & Alfaia, S. S. (2012). Agroforestry and the improvement of soil fertility: a View from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2012/616383>
- Piotto, D., Rolim, S. G., Montagnini, F. & Calmon, M. (2018). Sistemas silviculturais com espécies nativas na Mata Atlântica: panorama, oportunidades e desafios. Em: Rolim, S. G. & Piotto, D. (eds.). *Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Belo Horizonte-MG: Editora Rona. 160 p.
- Prado, R. B., Formiga, R. & Marques, G. F. (2017). *Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural*. In: Turetta, A. P. D. (ed.) *As funções do solo, suas fragilidades e seu papel na provisão dos serviços ecossistêmicos*. Boletim Informativo. Viçosa: SBCS 43(2), 43-48.
- Prado, R. B., Parron, L. M., Campa-  
nha, M. M. et al. (2018). ODS 6 e sua relação com o mundo, o Brasil e a Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1090725/ods-6-e-sua-relacao-com-o-mundo-o-brasil-e-a-embrapa>>. Acesso em: Ago. de 2024.
- Ramirez-Santos, A. G., Ravera, F., Rivera-Ferre, M. & Calvet-Nogués, M. (2023). Gendered traditional agroecological knowledge in agri-food systems: a systematic review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00576-6>
- Rangel, J. H. A., Neves, E., Moraes, S. A., Souza, S. F. & Machado, J. C. (2016). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na região Nordeste do Brasil. *Ciência Veterinária nos Trópicos* 19, 75–84.
- Rey Benayas, J. M. & Bullock, J. M. (2012). Restoration of Biodiversity and Ecosystem Services on Agricultural Land. *Ecosystems* 15(6), 883–899. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9552-0>
- Rezende, C. L., Fraga, J. S., Sessa, J. C. et al. (2018). Land use policy as a driver for climate change adaptation: A case in the domain of the Brazilian Atlantic forest. *Land Use Policy* 72, 563–569. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.027>
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142(6), 1141–1153. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- Ribeiro, V. A. C. (2021). *Produção de novidades na agricultura orgânica no Estado de Rondônia: estudo de caso do Projeto Reça*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração, Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Porto Velho-RO, 171 p.
- Rosa, M. R., Brancalion, P. H. S., Crouzeilles, R. et al. (2021). Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Science Advances* 7(4), eabc4547. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>
- Salim, M. V. D. C., Miller, R. P., Ticona-Benavente, C. A., Van Leeuwen, J. & Alfaia, S. S. (2017). Soil fertility management in indigenous homegardens of Central Amazonia, Brazil. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0105-6>
- Salton, J. C., Mercante, F. M., Tomazi, M. et al. (2014). Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 190, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.023>.
- Santos, C. C.; Nicola, R. D.; Garcia, A. da S. & Fernandes, J. F. A. (2021). Produtos da terra, com consciência. *Ciência Pantanal*, 06.
- Santos, G. P., Zanuncio, T. V., Vinha, E. & Zanuncio, J. C. (2002). Influência de faixas de vegetação nativa em povoamentos de Eucalyptus cloeziana sobre população de Oxydia vesulia (Lepidoptera: Geometridae). *Revista Árvore* 26(4), 499–504. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400013>
- Sato, J. H., de Figueiredo, C. C., Marchão, R. L. et al. (2019). Understanding the relations between soil organic matter fractions and N2O emissions in a long-term integrated crop–livestock system. *Eur J Soil Sci.* 70, 1183–1196. <https://doi.org/10.1111/ejss.12819>
- Schmidt, I. B., De Urzedo, D. I., Piñá-Rodrigues, F. C. M. et al. (2019). Community-based native seed production for restoration in Brazil – the role of science and policy. *Plant Biology* 21(3), 389–397. <https://doi.org/10.1111/plb.12842>
- Silva, C. E. M. (2009). Ordenamento Territorial no Cerrado brasileiro: da fronteira monocultora a modelos baseados na sociobiodiversidade Territorial Organization in the Brazilian Savannah: from the monoculture frontier to sociobiodiversity-based

- models. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 19, 89-109.
- Silva, R. F. B. D., Batistella, M. & Moran, E. F. (2017). Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. *Environmental Science & Policy* 74, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.019>
- Solórzano, A., Da Silva Sales, G. P. & Nunes, R. D. S. (2018). O Legado humano na paisagem do Parque Nacional da Tijuca: uso, ocupação e introdução de espécies exóticas. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* 7(3), 43-57. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i3.p43-57>
- Sosinski, Ê. E., Urruth, L. M., Barbieri, R. L., Marchi, M. M. & Martens, S. G. (2019). On the ecological recognition of *Butia* palm groves as integral ecosystems: Why do we need to widen the legal protection and the in situ/on-farm conservation approaches? *Land Use Policy* 81, 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.041>
- Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L. et al. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing* 12(17), 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Sparovek, G., Barretto, A. G. D. O. P., Matsumoto, M. & Berndes, G. (2015). Effects of Governance on Availability of Land for Agriculture and Conservation in Brazil. *Environmental Science & Technology* 49(17), 10285-10293. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01300>
- Strassburg, B. B. N., Latawiec, A. E., Barioni, L. G. et al. (2014). 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* 28, 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>
- Strassburg, B. B. N., Branco, P. D., Iribarrem, A. et al. (2022). *Identificação áreas prioritárias para restauração: Bioma Amazônia*. Amazônia 2030. Instituto Clima e Sociedade, Centro de Empreendedorismo da Amazônia. 66p. Disponível em: <<https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AMZ-29.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024
- Tremblay, S., Lucotte, M., Révéret, J. P. et al. (2015). Agroforestry systems as a profitable alternative to slash and burn practices in small-scale agriculture of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 89 (2), 193-204.
- TNC. The Nature Conservancy. (2019). *Incentivos para Produção de Soja Sustentável no Cerrado*. Disponível em: <<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/tnc-incentivosparasojanocerrado-2019.pdf>>. Acesso em: ago. de 2024.
- Urzedo, D. I., Vidal, E., Sills, E. O., Piña-Rodrigues, F. C. M. & Junqueira, R. G. P. (2016). Tropical forest seeds in the household economy: Effects of market participation among three sociocultural groups in the Upper Xingu region of the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation* 43(1), 13-23. <https://doi.org/10.1017/S0376892915000247>
- Vidal, M. R., & Vicens, R. S. (2020). O abandono de terras agrícolas no estado do Rio de Janeiro: Padrões espaciais. *Revista Tamoios* 16(3). <https://doi.org/10.12957/tamoios.2020.55757>
- Vieira, R. R. S., Pressey, R. L. & Loyola, R. (2019). The residual nature of protected areas in Brazil. *Biological Conservation* 233, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.02.010>
- Villela, A. A. (2014). Expansão da palma na Amazônia Oriental para fins energéticos. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE 360p.
- Yamada, M. (2009). Uma breve história de desenvolvimento agroflorestal Nikkei na Amazônia: o caso da colônia de Tomé-Açu, PA. Em: Porro, R. (org). *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília-DF: Embrapa, ICRAF. p. 691-704.
- WRI Brasil. (2021). *Sistemas agroflorestais (SAFs): o que são e como aliam restauração e produção de alimentos*. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/sistemas-agroflorestais-safs-o-que-sao-e-como-aliam-restauracao-e-producao-de-alimentos>>. Acesso em: ago. de 2024.
- WWF Brasil. (2020). *Avaliação financeira da restauração florestal com agroflorestas na Amazônia - caracterização e indicadores de viabilidade de sistemas agroflorestais sucessionais na RESEX Chico Mendes, Xapuri/AC Brasil*. Rodrigues, F. Q., Brilhante, N. A., Santos, A. A. & Rosário, D. A. 31 p. Disponível em: <[https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/avaliacao\\_financeira\\_restauracao\\_saf\\_jun2020\\_v2.pdf](https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/avaliacao_financeira_restauracao_saf_jun2020_v2.pdf)>. Acesso em: ago. de 2024.
- Zanetti, R., Vilela, E. F., Zanoncio, J. C., Leite, H. G. & Freitas, G. D. (2000). Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(10), 1911-1918. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X200000100000>

**Anexo A.4.1** Espécies arbóreas e herbáceas, nativas e exóticas já avaliadas em sistemas integrados de produção, nos diferentes biomas Brasileiros (Adaptado de Dias et al., 2007; Oliveira et al., 2013; Pezzopane et al., 2019; Paciullo et al., 2021). Espécies marcadas com \* são espécies exóticas que podem se tornar invasoras quando mal-manejadas, o que traz o risco de efeitos indesejáveis para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Sistema (Estado da Federação)	Componente arbóreo		Componente anual/herbáceo
	Nativo	Exótico	
Lavoura-pecuária- floresta (PA)	Paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> ), taxi-branco ( <i>Sclerolobium paniculatum</i> ), cumaru ( <i>Dipteryx odorata</i> ) e castanheira ( <i>Bertholletia excelsa</i> ),	Teca ( <i>Tectona grandis</i> ), mogno africano ( <i>Khaya ivorensis</i> ) e eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> * sp.),	milho em consórcio com <i>Urochloa humidicola</i> * ou <i>Urochloa ruziziensis</i> *. Caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> ) pode ser usado na recuperação de pastagens degradadas.
Lavoura-pecuária- floresta (AM)		Eucalipto ( <i>Eucalyptus urograndis</i> *)	Arroz e forrageiras ( <i>Urochloa brizantha</i> * cv. Marandu e <i>Andropogum gayanus</i> * cv. Planaltina)
	Tachi-branco ( <i>Sclerolobium paniculatum</i> ) e gliricídia ( <i>Gliricidia sepium</i> )	Eucalipto ( <i>Eucalyptus urograndis</i> *)	milho e sorgo em plantio direto sobre <i>Urochloa ruziziensis</i> *
Lavoura-pecuária (RO)			Arroz-soja-milho safrinha com <i>Urochloa ruziziensis</i> *
			(Arroz)-soja-milho verde
Lavoura-pecuária- floresta (RR)	Cedro doce ( <i>Pochota fendleri</i> ) e gliricídia ( <i>Gliricidia sepium</i> )	<i>Eucalyptus</i> * sp.	Milho-arroz-soja-feijão caupi- <i>Urochloa ruziziensis</i> *
	Castanheira ( <i>Bertholletia excelsa</i> )	Teca ( <i>Tectona grandis</i> )	Diversas culturas anuais e forragem
Lavoura-pecuária- floresta (AC)	Mulateiro ( <i>Calicophyllum spruceanum</i> ), bordão-de-velho ( <i>Samanea tubulosa</i> )		Milho safra e safrinha, alternando com forrageira
Pecuária-floresta (SP)	<i>Mimosa artemisiana</i>	<i>Acacia mangium</i> *, <i>Acacia angustissima</i> *,  <i>Leucaena leucocephala</i> x <i>L. diversifolia</i> *;  <i>Eucalyptus grandis</i> *	Milho na implantação do sistema, seguido de <i>Urochloa decumbens</i> *
Pecuária-floresta (SP)	Angico-branco ( <i>Anadenanthera colubrina</i> ), canafístula ( <i>Peltophorum dubium</i> ), ipê-felpudo ( <i>Zeyheria tuberculosa</i> ), jequitibá-branco ( <i>Cariniana estrellensis</i> ), and pau-jacaré ( <i>Piptadenia gonoacantha</i> ); mutambo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> ) e capixingui ( <i>Croton floribundus</i> )		<i>Urochloa decumbens</i> *
Pecuária-floresta (SP)		<i>Eucalyptus urograndis</i> *	<i>Urochloa brizantha</i> *
Pecuária-floresta (RJ)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (foi testada com mais 16 leguminosas em sistema silvipastoril e se destacou pela persistência na pastagem, sem proteção de mudas, na presença do gado)		<i>Urochloa decumbens</i> *