



Embrapa e Políticas Públicas

Contribuições
para a Taxonomia
Sustentável Brasileira

Danielle Alencar Parente Torres
Otavio Valentim Balsadi
Editores técnicos

Embrapa



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Assessoria de Estratégia
Ministério da Agricultura e Pecuária*



Embrapa Políticas Públicas

Contribuições
para a Taxonomia
Sustentável Brasileira

*Danielle Alencar Parente Torres
Otavio Valentim Balsadi*

Editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2025

Embrapa
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo
Embrapa, Assessoria de Estratégia

Comitê de Publicações da Sede

Presidente
Daniel Nascimento de Medeiros
Secretária-executiva
Jeane de Oliveira Dantas
Membros
Edemar Joaquim Corazza
Marcela Bravo Esteves
Cristiane Pereira de Assis
Gilmar Paulo Henz
Maria Alice de Medeiros
Silvia Kanadani Campos
Rosaura Gazzola
Jorge Antonio Menna Duarte
Ronessa Bartolomeu de Souza

Responsável pela editoração
Gerência-Geral de Governança
Corporativa e Informação

Coordenação editorial
Osley Hugo de Borba Brito
Alessandra Rodrigues da Silva
Juliana Meireles Fortaleza
Edição executiva
Josmária Madalena Lopes
Revisão de texto
Everaldo Correia da Silva Filho
Normalização bibliográfica
Márcia Maria Pereira de Souza (CRB 1/1441)
Projeto gráfico, diagramação e capa
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
Publicação digital (2025): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Gerência-Geral de Governança Corporativa e Informação

Embrapa e políticas públicas : contribuições para a taxonomia sustentável brasileira /
Danielle Alencar Parente Torres, Otavio Valentim Balsadi, editores técnicos. —
Brasília, DF : Embrapa, 2025.
PDF (144 p.) : il. color.

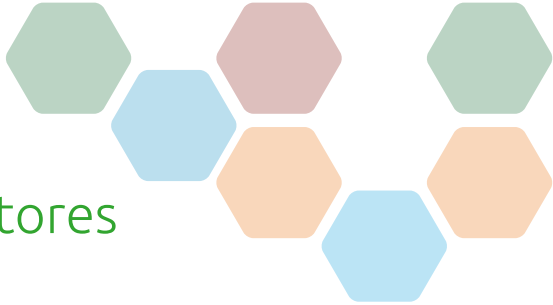
ISBN 978-65-5467-116-3

1. Nomenclatura. 2. Sustentabilidade. 3. Política governamental. I. Torres, Danielle
Alencar Parente. II. Balsadi, Otavio Valentim.

CDD (21. ed.) 578

Iara Del Fiaco Rocha (CRB-1/2169)

© 2025 Embrapa



Editores técnicos e autores

Adriano Delly Veiga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP
Alexandre Ferreira da Silva
Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Alexander Vervuurt

Engenheiro-agrônomo, mestre em Gestão Ambiental Associada a Políticas Públicas, consultor independente, São Paulo, SP

Alisson Moura Santos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Andrea Elena Pizarro Munoz

Economista, mestre em Economia Aplicada, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

Antonio Flavio Dias Avila

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Rural, consultor técnico da Campo Consultoria e Agronegócios, Brasília, DF

Aryeverton Fortes de Oliveira

Economista, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Arystides Resende Silva

Engenheiro florestal, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Camila Stefaní de Sousa Silva

Economista, mestre em Economia Aplicada, coordenadora-geral de Negócios Agroambientais, Ministério da Fazenda, Brasília, DF

Daniel Luis Mascia Vieira

Ecólogo, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Danielle Alencar Parente Torres

Economista, doutora em Economia Agrícola e Recursos Naturais, pesquisadora da Embrapa Sede, Brasília, DF

Danielle de Bem Luiz

Engenheira de alimentos, doutora em Engenharia Química, analista da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

Edina Regina Moresco

Agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Elessandra Aparecida Bento Mourão

Economista, mestre em Agronegócios, analista da Embrapa Café, Brasília, DF

Fabiana de Gois Aquino

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Brasília, DF

Francisco de Brito Melo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

Gilson Alceu Bittencourt

Engenheiro-agrônomo, mestre em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente, subsecretário de Política Agrícola e Negócios Agroambientais, Ministério da Fazenda, Brasília, DF

Henrique Debiasi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Janaina Mitsue Kimpara

Zootecnista, doutora em Aquicultura, pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Jamil Macedo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, consultor técnico da Campo Consultoria e Agronegócios, Brasília, DF

José Mauro Magalhães

Ávila Paz Moreira

Engenheiro florestal, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

José Renato Bouças Farias

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Josiléia Acordi Zanatta

Agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Julio Cesar dos Reis

Economista, doutor em Desenvolvimento Sustentável, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Julio Ferraz de Queiroz

Oceanólogo, doutor em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Karina Pulrolnik

Engenheira florestal, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Leonardo Gava Mataram

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitopatologia, gerente do programa brasileiro da Climate Bonds Initiative, São Paulo, SP

Mariana de Aragão Pereira

Zootecnista, doutora em Gestão Agrícola, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Maurílio Fernandes de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Miguel Marques Gontijo Neto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Milena Ambrosio Telles

Graduada em Letras, doutora em Ciência da Informação, analista da Embrapa Sede, Brasília, DF

Otávio Valentim Balsadi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Sede, Brasília, DF

Patrícia Menezes Santos

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.

Paulo Cesar Afonso Júnior

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Rafael Gonçalves Tonucci

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Roger Crescencio

Engenheiro de pesca, mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

Rogério Faria Vieira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Rogério Novais Teixeira

Engenheiro agrícola, mestre em Agronegócios, analista da Embrapa Café, Brasília, DF

Sandra Aparecida Santos

Zootecnista, doutora em Produção Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Sandro Loris Aquino Pereira

Engenheiro de pesca, doutor em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, pesquisador da Embrapa Roraima, Boa Vista, RR

Sérgio Raposo de Medeiros

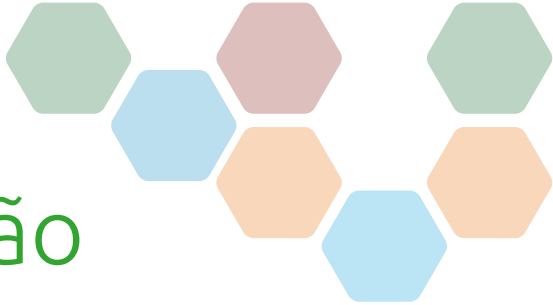
Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Zootecnista, doutora em Ciências Animais, pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

Wenceslau Geraldes Teixeira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geoecologia, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ



Apresentação

A construção de políticas públicas eficazes e orientadas para o desenvolvimento sustentável requer articulação entre diferentes setores do Estado e a incorporação de conhecimento técnico-científico qualificado no processo decisório. Esta publicação decorre da cooperação entre o Ministério da Fazenda e a Embrapa para a elaboração da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), que resultou na produção do *Caderno 2.1 CNAE A: Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura*.

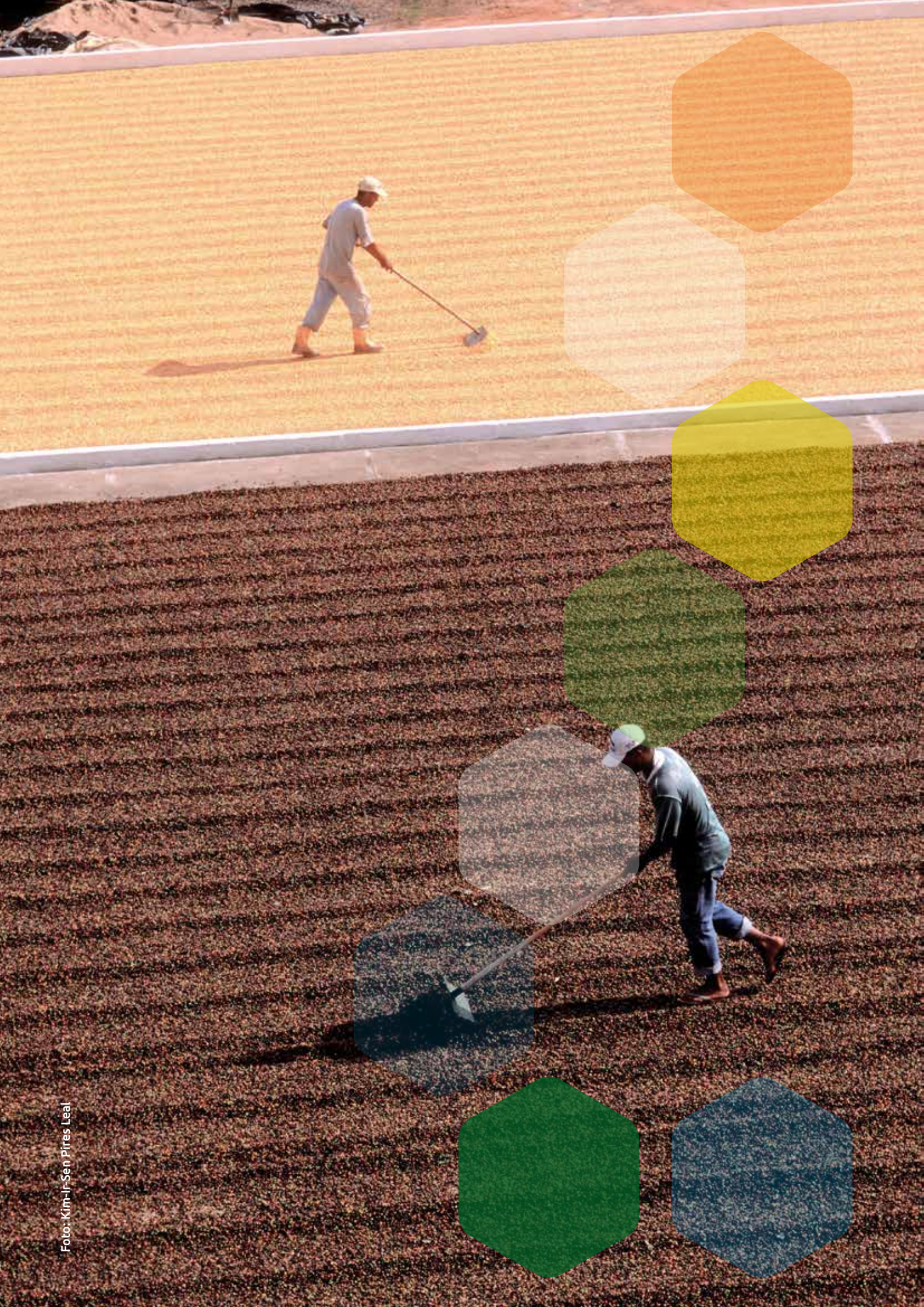
A TSB é uma política pública estratégica, concebida para orientar investimentos e financiamentos para atividades produtivas que sejam desenvolvidas com base em critérios de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Sua implementação atende à crescente demanda por instrumentos que promovam maior transparência, padronização e alinhamento dos fluxos financeiros aos compromissos nacionais e internacionais relacionados à transição para uma economia de baixo carbono.

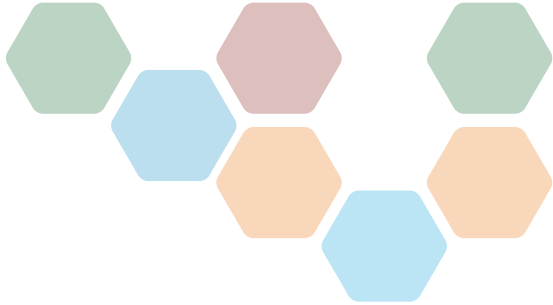
Nesse contexto, a Embrapa apresenta um conjunto de contribuições técnico-científicas voltadas à identificação de práticas e sistemas produtivos sustentáveis, bem como à definição de variáveis técnicas relevantes que integrarão os critérios de elegibilidade associados ao conceito de sustentabilidade no setor agropecuário. Este livro reúne os resultados desse processo de construção institucional, guiado pela cooperação interinstitucional, pelo rigor técnico-científico e pelo compromisso com o interesse público.

Ao tornar visíveis etapas, metodologias e aprendizados decorrentes desse processo, esta obra busca oferecer subsídios a gestores, formuladores de políticas e demais atores, públicos e privados, envolvidos com a agenda da sustentabilidade. Dessa forma, destaca-se o papel das instituições públicas na qualificação das políticas públicas e no fortalecimento da governança do Estado.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Presidente da Embrapa

Gilson Alceu Bittencourt
Subsecretário de Política Agrícola
e Negócios Agroambientais
do Ministério da Fazenda





Prefácio

Este livro apresenta a contribuição da Embrapa à construção da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), política pública orientadora que visa qualificar investimentos produtivos sob a ótica da sustentabilidade, com base em critérios técnicos, científicos e regulatórios consistentes.

No atual cenário nacional e internacional, a sustentabilidade das atividades agropecuárias está no centro do debate público. A gestão adequada dos recursos naturais, os impactos das mudanças climáticas, a segurança alimentar e a conservação da biodiversidade impõem desafios crescentes à formulação de políticas que sejam, ao mesmo tempo, eficazes, exequíveis e ancoradas em conhecimento técnico. A TSB surge como um instrumento relevante nesse contexto, contribuindo para a transição para uma economia de baixo carbono, resiliente e inclusiva.

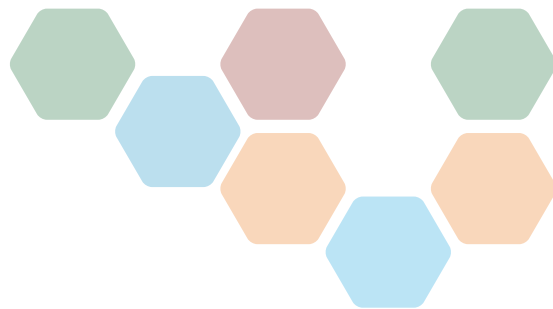
Ao atender ao convite do Ministério da Fazenda, a Embrapa mobilizou suas capacidades institucionais para apoiar tecnicamente a construção da TSB no caderno da seção A da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE A), que corresponde à Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura. O trabalho envolveu a constituição de grupos temáticos, a definição de variáveis técnicas e a elaboração de propostas que contribuíssem para a identificação de práticas produtivas sustentáveis. Todo o processo foi conduzido de forma colaborativa, com o acompanhamento ativo do Ministério da Fazenda (MF), a adoção de metodologias propostas por consultorias especializadas em taxonomia e no setor agropecuário — como a Climate Bonds Initiative (CBI) e a Campo Consultoria e Agronegócios —, bem como o envolvimento de ministérios parceiros e do Comitê Consultivo. Essa articulação interinstitucional garantiu legitimidade, qualidade técnica e aderência às diretrizes da política pública em construção. Em reconhecimento a essa parceria, foram convidados membros do MF e das consultorias para participarem dessa publicação, como autores de capítulos individuais e como coautores.

O registro dessa experiência visa valorizar o papel das instituições científicas no ciclo das políticas públicas, especialmente na etapa de assessoramento técnico-científico. Ao documentar as etapas, os métodos e os aprendizados desse processo, esta obra busca oferecer subsídios a gestores, formuladores e analistas de políticas públicas, contribuindo para o aprimoramento dos mecanismos de governança, articulação institucional e uso de evidências na formulação de políticas orientadas ao desenvolvimento sustentável.

Espera-se que este livro represente não apenas o relato de uma contribuição específica, mas também um convite ao fortalecimento de arranjos interinstitucionais e à valorização do conhecimento técnico-científico como base para políticas públicas mais eficazes, equitativas e duradouras.

Os Editores técnicos





Sumário

- 11** **Capítulo 1**
Integração entre Ciência e Políticas Públicas na Embrapa
- 19** **Capítulo 2**
Avanços recentes em taxonomias sustentáveis para a agricultura tropical: inovações e desafios
- 27** **Capítulo 3**
Papel da Taxonomia Sustentável Brasileira no desenvolvimento sustentável do setor rural brasileiro
- 43** **Capítulo 4**
Embrapa na construção da Taxonomia Sustentável Brasileira: trajetória, procedimentos e construção de um processo complexo
- 53** **Capítulo 5**
Práticas sustentáveis para o binômio soja-milho
- 65** **Capítulo 6**
Práticas sustentáveis para o café
- 77** **Capítulo 7**
Práticas sustentáveis para a pecuária a pasto
- 97** **Capítulo 8**
Práticas sustentáveis para o eucalipto
- 117** **Capítulo 9**
Práticas sustentáveis para a piscicultura
- 135** **Capítulo 10**
Contribuições da Embrapa para a construção da Taxonomia Sustentável Brasileira: lições aprendidas e próximos passos





Capítulo 1

Integração entre Ciência e Políticas Públicas na Embrapa

Danielle Alencar Parente Torres | Otavio Valentim Balsadi

Introdução

Desde sua criação, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem desempenhado um papel fundamental no apoio às políticas públicas. A própria Empresa foi concebida justamente como um instrumento de política pública voltado à modernização da agricultura brasileira nos anos 1970. A Lei nº 5.851, de 7 de dezembro de 1972 (Brasil, 1972), a qual instituiu a Embrapa, estabelece em seu art. 2º as finalidades da Empresa: I – promover, estimular, coordenar e executar atividades de pesquisa voltadas à geração de conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento agrícola do país; e II – prestar apoio técnico e administrativo a órgãos do Poder Executivo responsáveis pela formulação, orientação e coordenação de políticas de ciência e tecnologia no setor agrícola (Embrapa, 2023).

Durante estes 52 anos de existência, a Embrapa, em parceria com diversas instituições, desenvolveu sistemas de produção, softwares, equipamentos, cultivares, processos agropecuários e agroindustriais, além de raças geneticamente aprimoradas. Grande parte dessas inovações foi incorporada a diferentes modelos produtivos,

em propriedades de diferentes tamanhos e perfis, espalhadas por todo o Brasil. Esse avanço só foi possível graças à inclusão produtiva, ao desenvolvimento tecnológico e à eficiente transferência e adoção dessas soluções pelos produtores, em variados níveis de tecnificação. Hoje, pode-se dizer que a ciência está presente em praticamente todos os alimentos consumidos no País (Embrapa, 2023). O papel da pesquisa da Embrapa é reconhecido nacional e internacionalmente, no entanto, menos conhecido ou divulgado é o seu papel na contribuição para políticas públicas.

Ao considerar que este livro trata da contribuição da Embrapa para a construção de uma política pública, a Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), este capítulo apresenta um breve resumo dos capítulos seguintes e, de forma concisa, alguns conceitos fundamentais e exemplos anteriores da atuação da Empresa nesse campo. Conforme exposto na publicação *Gestão de contribuições à política pública na Embrapa* (Ramos et al., 2023), há diversas definições de políticas públicas, variando conforme o contexto. No entanto, considerando a missão e as atividades da Embrapa, adota-se o conceito do Ipea (2022),

segundo o qual políticas públicas são ações governamentais baseadas em propostas estratégicas e institucionalizadas, voltadas para a solução de problemas públicos, o atendimento às necessidades da população ou a promoção do desenvolvimento em diferentes escalas — local, regional, nacional ou internacional.

Também é importante mencionar que o processo de elaboração de uma política pública, conhecido como ciclo de política pública, é composto por várias etapas interligadas, geralmente sobrepostas, que incluem:

Identificação do problema: reconhecimento de problemas públicos por meio de catástrofes, comunidades, mídia, organizações não governamentais (ONGs) ou grupos de pressão.

Formação da agenda: inclusão de temas prioritários na agenda do poder público.

Formulação de alternativas: definição do problema, análise de opções, avaliação de custos e efeitos, e escolha da alternativa mais adequada.

Tomada de decisão: decisão sobre a política proposta, influenciada por aspectos técnicos e políticos.

Implementação: planejamento e organização de recursos para executar a política, incluindo ações práticas e acompanhamento.

Extinção: fim da política pública, seja por resolução do problema, ineficácia ou perda de relevância.

Essas etapas envolvem diversos atores governamentais e não governamentais, que influenciam o conteúdo e os resultados das políticas públicas.

No *Balanço Social da Embrapa 2015* (Embrapa, 2015), foi apresentado, com o apoio das Unidades Descentralizadas (UDs), um mapeamento de políticas públicas que contaram com a participação da Empresa em sua formulação e/ou implementação. Lopes et al. (2017) selecionaram alguns desses casos, destacando as principais

formas de atuação da Embrapa e identificando os momentos do ciclo de políticas públicas em que sua contribuição se deu. Na Tabela 1 apresentam-se quatro desses exemplos, selecionados com base nesse trabalho. A análise evidencia que a participação da Embrapa ocorre de maneira diversificada ao longo do ciclo das políticas públicas, variando conforme a natureza da demanda e, frequentemente, abrangendo múltiplas etapas do processo.

O documento corporativo mais recente que trata das políticas públicas é o já citado anteriormente *Gestão de contribuições à política pública na Embrapa* (Ramos et al., 2023). Seu objetivo é apresentar as contribuições da Embrapa para a formulação e implementação de políticas públicas, destacando conceitos, instrumentos e formas de atuação da Empresa no apoio técnico-científico aos poderes Executivo e Legislativo. Dois aspectos centrais abordados nesse documento — e fundamentais para a compreensão do conteúdo deste livro — são a forma como a Embrapa tem estruturado sua atuação nesse campo, incluindo a tipologia de suas contribuições para políticas públicas, e a identificação das áreas da Empresa mais diretamente envolvidas nessas articulações.

Ao começar pelas principais áreas envolvidas com política pública na Embrapa, esse tema na sede da Embrapa encontra-se, atualmente, em quatro áreas principais. Na Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DEPD), há uma Supervisão de Políticas Públicas, que tem por atribuição coordenar a identificação, o monitoramento e a análise das contribuições da Embrapa em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) voltadas às políticas públicas. Também é sua atribuição acompanhar as ações de PD&I para identificar oportunidades de atuação institucional nesse campo, subsidiar o planejamento da programação e a tomada de decisões relacionadas à participação da Embrapa em demandas de políticas públicas, além de orientar, de forma corporativa, as Unidades Centrais (UCs) e Descentralizadas (UDs) quanto à sua atuação nesse âmbito.

Tabela 1. Classificação das contribuições da Embrapa às políticas públicas com base no Balanço Social 2015.

Política pública	Participação da Embrapa	Fases do ciclo de política pública
Plano ABC – Lei nº 12.187/2009 (Brasil, 2009)	Membro do grupo técnico do Plano ABC realizando pesquisas e fornecendo subsídios para formulação e implementação – 32 Unidades Descentralizadas.	Formação de agenda, formulação de alternativas, implementação
Criação da Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater) – Lei nº 12.897/2013 (Brasil, 2013) e Decreto nº 8.252/2014 (2014a)	A Embrapa participou das articulações para a criação, formulação da lei e estruturação da Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater). Além disso, apoiou a elaboração do decreto, ficando responsável por atuar em colaboração com a agência, por meio de assessoramento, como membro do Comitê Assessor Nacional, e de participação na direção superior, como membro do Conselho de Administração e da Diretoria-Executiva da agência.	Identificação do problema, formulação de alternativas e implementação
	A Embrapa Florestas detectou e registrou, em 1988, a entrada no Brasil da vespa-da-madeira (<i>Sirex noctilio</i> – Hymenoptera: Siricidae). Diante desse contexto, foi constituído, sob a liderança da Embrapa Florestas, o Fundo Nacional de Controle da Vespa-da-Madeira (Funcema), visando à geração, adaptação e difusão de tecnologias para o monitoramento e controle da praga. O fundo conta com a participação e aporte financeiro de mais de 100 empresas florestais do Sul do Brasil. A partir da união dos esforços dessas instituições, foi estabelecido o Programa Nacional de Controle da Vespa-da-Madeira (PNCVM).	Identificação do problema, formulação de alternativas e implementação
Plano Mais Pecuária/ Programa Mais Carne – IN nº 3/2014 (Brasil, 2014b)	A participação dos pesquisadores da Embrapa Gado de Corte deu-se no âmbito do Programa Mais Carne. A equipe trabalhou com o objetivo de identificar os principais gargalos da cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira e propor ações para superação desses gargalos, tendo uma participação direta na elaboração da referida política pública.	Identificação do problema, formulação de alternativas
Estatísticas de Pesca	A Embrapa Pantanal participa do Sistema de Controle da Pesca, que gera estatísticas de pesca e fornece há 20 anos subsídio contínuo e ininterrupto aos órgãos de fiscalização e controle para a gestão dos recursos pesqueiros do Pantanal sul-mato-grossense.	Implementação

Fonte: Lopes et al. (2017).

Outra área é a Assessoria de Relações Institucionais e Governamentais (Arig), que tem por missão subsidiar a Diretoria-Executiva e os gestores da Embrapa na formulação e implementação de estratégias de relacionamento com o Poder Legislativo e entidades de representação, com foco na contribuição às políticas públicas, no acompanhamento do processo legislativo orçamentário e na articulação institucional. Suas

atribuições incluem apoiar a gestão de riscos e oportunidades, promover ações de fortalecimento da imagem e do orçamento institucional, além de organizar e analisar dados estratégicos para qualificar a tomada de decisão.

Na Diretoria de Inovação, Negócios e Transferência de Tecnologias (Dint), há uma Gerência de Inclusão Socioprodutiva e Digital, que tem

como atribuições apoiar e articular ações de transferência de tecnologia, intercâmbio de conhecimentos e inovação social na Embrapa, promovendo a inclusão socioprodutiva e digital nos territórios. Essa gerência atua no fortalecimento da comunicação e na interação entre pesquisa, inovação, assistência técnica e extensão rural (Ater) pública e privada, além de colaborar com o Poder Executivo e agências de fomento em iniciativas territoriais. Também subsidia o desenvolvimento de portfólios, programas, editais, plataformas colaborativas e políticas públicas voltadas à atuação territorial em rede. Cabe ainda à gerência prospectar demandas de organizações de Ater, do setor produtivo, do terceiro setor e de instituições governamentais, bem como organizar bases de dados estratégicas e sistematizar metodologias de transferência de tecnologia e inovação social.

Por fim, a Assessoria de Relações com o Poder Executivo, o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Embrapa tem por competência apoiar e articular, junto à Diretoria-Executiva, o planejamento, a execução e o monitoramento dos projetos e recursos vinculados ao PAC Embrapa. Suas atribuições incluem fomentar parcerias estratégicas, assegurar o cumprimento de metas e resultados, promover ajustes operacionais, articular novas demandas, garantir a aplicação integral dos recursos e orientar as ações de relacionamento institucional com o Poder Executivo e o SNPA. Foi essa área que recebeu a demanda do MF para que a Embrapa pudesse contribuir na construção da TSB. A partir dessa aproximação, começaram as articulações internas, e, em conjunto com a Assessoria de Estratégia (Aest), foi possível organizar os empregados da Embrapa e estruturar o trabalho que aqui será apresentado.

Antes de passar às descrições dos capítulos que virão, é importante destacar que, de acordo com Ramos et al. (2023), as três grandes formas de contribuição da Embrapa para políticas públicas são:

Contribuição orientada: pesquisa e desenvolvimento diretamente voltados para atender a demandas específicas de políticas públicas, com foco em segurança alimentar, produção sustentável e inclusão socioprodutiva.

Contribuição com implicações: resultados de PD&I que, mesmo não sendo diretamente planejados para políticas públicas, geram impactos relevantes e influenciam na formulação ou execução dessas políticas.

Assessoramento técnico-científico: apoio técnico e científico aos poderes Executivo e Legislativo, por meio de pareceres, notas técnicas e participação em câmaras setoriais e temáticas, contribuindo para a melhoria de proposições legislativas e de políticas públicas.

Questões complexas — como os impactos da agricultura nas mudanças climáticas, o Código Florestal, o acesso a recursos genéticos, a segurança alimentar, a gestão da água e a conservação da biodiversidade — evidenciam a necessidade urgente de dados e evidências que apoiem legisladores e formuladores de políticas na superação de conflitos ideológicos e na tomada de decisões que enfrentem os passivos econômicos, sociais e ambientais. Nesse cenário, organizações científicas vêm sendo cada vez mais demandadas a atuar, de forma estruturada e sistemática, como fontes de informações qualificadas para subsidiar a melhoria das decisões políticas e normativas (Lopes et al., 2017). Nesta publicação, apresenta-se essa contribuição para TSB, que se encaixa no tipo de assessoramento técnico-científico, sendo essencial para a definição das práticas e dos itens elegíveis para crédito, bem como para a implementação da TSB.

A formulação da TSB demandou a atuação coordenada de diferentes instituições e atores sociais. Foram diversos ministérios e representantes da sociedade civil, reunidos em um comitê consultivo (CC), os quais trouxeram as especificidades de suas áreas: desde os impactos sobre o

setor produtivo (Ministério da Agricultura e Pecuária – Mapa, Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar – MDA, Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA), as implicações ambientais (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – MMA) e os efeitos no sistema financeiro (Ministério da Fazenda – MF, Banco Central – BC, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES e Comissão de Valores Mobiliários – CVM). O CC também assegurou a representação de distintos segmentos da sociedade. Coube à Embrapa a responsabilidade de indicar práticas sustentáveis e critérios técnicos essenciais para orientar a operacionalização da taxonomia. A presença de uma instituição de pesquisa nessa construção confere respaldo científico ao processo e, ao mesmo tempo, representa uma entrega institucional relevante, alinhada ao compromisso da Empresa com o desenvolvimento sustentável da agricultura e do País.

Cabe destacar que determinadas informações relativas à governança e aos procedimentos operacionais das instituições envolvidas na construção da TSB poderão ser apresentadas em mais de um capítulo. Isso se deve ao fato de que os textos foram organizados para permitir a leitura autônoma de cada seção, com os autores apresentando a iniciativa sob diferentes perspectivas analíticas. Essa abordagem pode resultar em alguma sobreposição de conteúdo, sem prejuízo à coerência ou à compreensão do conjunto da obra.

Além desta introdução, o primeiro capítulo elaborado por consultores da Climate Bonds Initiative (CBI) apresenta o conceito da taxonomia e aborda a evolução das taxonomias aplicadas ao setor agrícola em regiões de clima tropical, com foco em cinco iniciativas desenvolvidas nos últimos anos. A análise destaca suas principais características, considerando aspectos de inovação, desafios enfrentados e requisitos estabelecidos. As experiências selecionadas são confrontadas com a TSB, permitindo uma visão

comparativa, que contribui para a compreensão do cenário atual. A discussão insere-se nesse contexto de aumento dos debates sobre finanças sustentáveis e da presença do tema no desenvolvimento de políticas públicas em diversos países.

O segundo capítulo, elaborado pelos membros do MF, apresenta o contexto e a relevância da TSB como política pública orientadora do desenvolvimento sustentável. O texto analisa, ainda, de que forma a TSB se articula com o arcabouço institucional e financeiro existente, contribuindo para a transição do setor rural brasileiro rumo a uma economia de baixo carbono, mais inclusiva e resiliente, além de discutir perspectivas futuras.

O terceiro capítulo apresenta uma síntese da contribuição da Embrapa na construção da TSB, destacando a articulação inicial com o MF, a criação de seis grupos de trabalho (GTs) internos, a estrutura de governança estabelecida para conduzir o processo, o desenvolvimento do instrumento de coleta de informações e a proposição de variáveis consideradas para compor a TSB. Também são abordadas as variáveis efetivamente selecionadas pelos GTs, que integraram os anexos submetidos à consulta pública.

Os capítulos seguintes apresentam as práticas que contribuem substancialmente aos objetivos da TSB. Cabe destacar que as salvaguardas e os critérios de elegibilidade foram desenvolvidos por outros GTs da TSB, sem a participação direta dos GTs da Embrapa, razão pela qual não serão objeto de discussão nesta publicação. Começando pelo quarto capítulo, que apresenta práticas voltadas para culturas temporárias, com foco na sustentabilidade dos sistemas de produção que possuem comprovação científica, viabilidade econômica e potencial de adoção por produtores com diferentes níveis de tecnificação. O enfoque inicial recai sobre as culturas da soja e do milho, com previsão de ampliação para outras

espécies comumente inseridas nesses sistemas agrícolas, como sorgo, trigo, girassol e algodão.

O quinto capítulo aborda a trajetória da cafeicultura brasileira em direção à sustentabilidade, destacando sua importância histórica e econômica, bem como sua contribuição para o agronegócio nacional. Enfatiza-se o papel da pesquisa agropecuária na adoção de práticas sustentáveis alinhadas à TSB, como o uso eficiente de recursos naturais, o desenvolvimento de cultivares adaptadas e a incorporação de inovações tecnológicas que fortalecem a competitividade do setor frente às demandas do mercado global. A apresentação das práticas sustentáveis para a cultura do café é estruturada a partir dos objetivos da TSB, e, ao final, são destacados os avanços e tendências da pesquisa cafeeira.

O sexto capítulo trata da relevância da pecuária a pasto para a agricultura brasileira, destacando sua expressiva participação no comércio global, o tamanho do rebanho nacional e a vasta área ocupada por pastagens. Ressalta-se a necessidade de modernização do setor por meio da adoção de tecnologias sustentáveis que aumentem a eficiência produtiva e minimizem os impactos ambientais. O capítulo também demonstra como práticas sustentáveis podem alinhar a pecuária a pasto aos objetivos da TSB, contribuindo para uma agropecuária mais resiliente e ambientalmente responsável.

O sétimo capítulo aborda a importância estratégica do setor de florestas plantadas, com ênfase no cultivo de eucalipto, para a economia e a sustentabilidade no Brasil. Destaca-se sua expressiva contribuição para o produto interno bruto (PIB), a balança comercial e a geração de empregos, além do elevado desempenho nas exportações e na atração de investimentos industriais. O capítulo evidencia como o setor tem consolidado sua competitividade global com base em inovação tecnológica e práticas silviculturais avançadas, mantendo, ao mesmo tempo, um forte compromisso com a sustentabilidade

ambiental. Também apresenta como as práticas sustentáveis adotadas pelo setor podem ser fortalecidas e alinhadas aos critérios da TSB, ampliando sua contribuição para a bioeconomia, a descarbonização e o uso responsável dos recursos naturais.

O oitavo capítulo apresenta a importância estratégica da piscicultura no cenário brasileiro e global, destacando seu papel na segurança alimentar, na geração de emprego e no desenvolvimento econômico sustentável. Com base nas diretrizes da TSB, são apresentadas contribuições da pesquisa científica para tornar a piscicultura mais eficiente, resiliente e alinhada às demandas ambientais e de mercado. Ao definir critérios técnicos claros e baseados em evidências científicas, a TSB promove a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres e a transição para modelos circulares de produção. As práticas sustentáveis são discutidas em consonância com os objetivos da TSB.

Por fim, o nono capítulo aborda os desafios na construção da TSB, destacando os aprendizados técnicos, institucionais e operacionais adquiridos, a importância de mecanismos de atualização contínua, os desafios e riscos da implementação, bem como os próximos passos para ampliar seu escopo e aplicação de forma integrada à realidade rural. Além disso, ressalta a consulta pública como fonte de demandas, tanto para a ampliação da TSB como também da PD&I, consolidando a TSB como ferramenta estratégica para uma economia mais sustentável e inclusiva.

A organização e disponibilização desta obra busca, essencialmente, deixar registrada uma importante participação recente da Embrapa na elaboração de uma política pública de relevo, a TSB. O intuito é estimular que outros pesquisadores e analistas envolvidos em situações concretas e com entregas de alto valor para as políticas públicas sintam-se, também, estimulados a organizar e publicar suas experiências.

Com isso, busca-se compartilhar ideias, aprendizados, desafios, que certamente são de grande validade para o desenvolvimento de iniciativas futuras. Reconhece-se que cada política pública tem as suas especificidades, mas também compartilha semelhanças em vários aspectos.

No caso da Embrapa, a formalização de parcerias com ministérios, a definição conjunta dos objetivos a serem atingidos, das efetivas entregas e resultados alcançados, bem como a estrutura de governança e o envolvimento adequado de especialistas no tema central da política, com tempo e condições adequadas de trabalho, são fatores de sucesso para a efetiva implementação de políticas públicas.

Espera-se que o presente livro constitua uma contribuição técnica relevante, ainda que inicial, para o desenvolvimento e consolidação da taxonomia sustentável no contexto brasileiro, em consonância com os compromissos institucionais da Embrapa com a sustentabilidade e a inovação.

Referências

BRASIL. Decreto nº 8.252, de 26 de maio de 2014. Institui o serviço social autônomo denominado Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural -Anater. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 1, 27 maio 2014a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8252.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 109, 21 dez. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

[planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm). Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.897, de 18 de dezembro de 2013. Autoriza o Poder Executivo Federal a instituir serviço social autônomo denominado Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural - ANATER e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 1, 19 dez. 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12897.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 5.851, de 7 de dezembro de 1972. Autoriza o Poder Executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 7 dez. 1972. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5851.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Instrução Normativa nº 3, de 26 de fevereiro de 2014**. Brasília, DF, 2014b. Disponível em: <https://legislacao.regoola.io/instrucao-normativa-no-3-de-26-de-fevereiro-de-2014-mapa>. Acesso em: 24 jul. 2025.

EMBRAPA. **Balanco Social 2015**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://bs.sede.embrapa.br/2015/balancosocialeembrapa2015.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2025.

EMBRAPA. **Brasil em 50 alimentos**. Brasília, DF, 2023. 359 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1153294>. Acesso em: 24 jul. 2025.

IPEA. **Catálogo de políticas públicas**: nota metodológica – versão 2022. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://catalogo.ipea.gov.br/post/16/nota-metodologica-catalogo-de-politicas-publicas-2022>. Acesso em: 24 jul. 2025.

LOPES, D. B.; TORRES, D. A. P.; SANTOS, A. C. C. **Contribuições da Embrapa para Políticas Públicas**: conceitos e desafios. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Nota técnica.

RAMOS, M. Y.; BUENO, A. M. C.; CARMO, D. C. de M.; FIGUEIREDO, E. V. C.; SIMONETTI, R. **Gestão de contribuições a políticas públicas na Embrapa**: referencial corporativo. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 30 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1163491>. Acesso em: 24 jul. 2025.





Capítulo 2

Avanços recentes em taxonomias sustentáveis para a agricultura tropical

Inovações e desafios

Leonardo Gava Mataram | Alexander Vervuurt

Introdução

Nos últimos anos, o conceito de taxonomia verde ou sustentável tem ganhado crescente relevância no debate internacional sobre finanças sustentáveis. Trata-se de um instrumento técnico e normativo destinado a definir, com base em critérios científicos e verificáveis, quais atividades econômicas, ativos, projetos ou práticas podem ser consideradas sustentáveis do ponto de vista ambiental, climático e social. Ao estabelecer parâmetros objetivos, as taxonomias oferecem maior segurança jurídica, promovem a transparência de mercado e reduzem os riscos associados ao *greenwashing*, fortalecendo a integridade das finanças sustentáveis.

É importante esclarecer a diferenciação conceitual entre os termos frequentemente utilizados nesse campo: verde e sustentável. Atividades classificadas como verdes são aquelas que proporcionam benefícios climáticos/ambientais substanciais, especialmente na mitigação ou adaptação às mudanças climáticas. Já o termo

sustentável amplia esse escopo, incorporando também contribuições socioeconômicas positivas, como geração de trabalho decente, redução das desigualdades e promoção da qualidade de vida.

A escolha do termo taxonomia remete ao seu uso original nas ciências biológicas, em que designa sistemas de classificação estruturados com base em características e relações evolutivas. Esse conceito foi apropriado pelo campo das finanças sustentáveis para expressar a ideia de uma classificação técnica, coerente e hierarquizada de atividades econômicas, ativos, projetos ou práticas, com o objetivo de orientar investimentos públicos e privados de maneira mais eficiente, transparente, bem como alinhada aos compromissos climáticos e de desenvolvimento sustentável de curto, médio e longo prazo. A Climate Bonds Initiative (Climate Bonds, 2025), organização internacional com sede no Reino Unido dedicada à mobilização de capital para a ação climática, foi uma das pioneiras na aplicação desse conceito ao setor financeiro. Além de

cunhar o termo taxonomia para esse contexto, a instituição também desenvolveu uma taxonomia global baseada em evidências científicas e alinhada ao Acordo de Paris, que tem servido como referência técnica para o desenvolvimento de diversas taxonomias regionais e nacionais ao redor do mundo.

No contexto brasileiro, o desafio da transição ecológica se tornou ainda mais urgente diante da intensificação dos eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, enchentes devastadoras e recordes de calor. Em resposta, o governo federal lançou o Plano de Transformação Ecológica (Brasil, 2024a), com o objetivo de promover um novo modelo de desenvolvimento baseado na sustentabilidade, justiça social e inovação produtiva. Nesse escopo, a Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) (Brasil, 2024b) constitui uma peça-chave para orientar investimentos compatíveis com os compromissos ambientais e sociais do País.

A escassez de recursos públicos para responder às necessidades crescentes de mitigação e adaptação climática torna fundamental a mobilização de capitais privados, nacionais e internacionais. Estimativas indicam que o Brasil precisará investir entre 3,5 e 4,3% do produto interno bruto (PIB) por ano até 2050 para alcançar a neutralidade de carbono (Centro Brasileiro de Relações Internacionais, 2023), o que reforça a importância da taxonomia como ferramenta estruturante para canalização de investimentos sustentáveis.

Dentro desse panorama, o setor agrícola assume papel estratégico nas taxonomias sustentáveis, dada sua relevância econômica e social, bem como seus impactos significativos sobre o clima, a biodiversidade, os recursos hídricos e o uso do solo. No entanto, desenvolver critérios técnicos para classificar atividades agropecuárias como sustentáveis envolve uma série de desafios complexos e interdependentes.

Entre os principais desafios, destaca-se a grande diversidade agroecológica e produtiva de países como o Brasil. A variedade de biomas, sistemas de produção (familiar, orgânico, grandes empreendimentos, etc.), cultivos e níveis de acesso à tecnologia exigem que os critérios sejam ao mesmo tempo cientificamente robustos e contextualmente adaptáveis às realidades regionais e socioeconômicas.

Outro desafio relevante é a limitação na disponibilidade, padronização e confiabilidade de dados técnicos, fundamentais para a mensuração de indicadores, como emissões de gases de efeito estufa, sequestro de carbono, erosão do solo, qualidade da água, uso de fertilizantes e produtividade agrícola. Grande parte dos produtores opera em contextos informais ou com acesso restrito à assistência técnica, dificultando a verificação independente dos indicadores exigidos por uma taxonomia.

Além disso, os critérios precisam estar alinhados a compromissos internacionais, como o Acordo de Paris e o Marco Global da Biodiversidade, e também às políticas públicas nacionais, como o Plano ABC+, o Código Florestal, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) e as normativas do crédito rural. A articulação entre esses diferentes instrumentos requer atenção metodológica e institucional, evitando sobreposições, lacunas ou conflitos regulatórios.

Outro ponto sensível é o risco de exclusão de pequenos e médios produtores, especialmente aqueles em fase de transição para práticas mais sustentáveis. A taxonomia deve incorporar abordagens graduais, permitindo diferentes níveis de alinhamento e prevendo instrumentos de apoio técnico, financiamento adequado e capacitação para viabilizar a adoção das práticas sustentáveis em larga escala.

Por fim, é essencial adotar uma abordagem integrada que reconheça e valorize as externalidades positivas da agricultura, como a provisão de

alimentos, os serviços ecossistêmicos, a manutenção de culturas tradicionais e a geração de emprego e renda. Ao mesmo tempo, deve-se garantir que os critérios estabelecidos enfrentem de forma eficaz os riscos de desmatamento, degradação ambiental e desigualdades sociais e territoriais.

A construção dos critérios para o setor agrícola deve ser, portanto, participativa, transparente e baseada em evidências científicas, envolvendo agricultores, especialistas, instituições de pesquisa, entidades representativas do setor produtivo e o sistema financeiro. Somente assim será possível garantir a legitimidade, aplicabilidade e efetividade da TSB no campo. Nesse cenário, é importante reconhecer que o desenvolvimento de uma taxonomia sustentável vai além da elaboração de listas técnicas. Trata-se de um processo que exige articulação política, coordenação entre múltiplos setores e fortalecimento das capacidades institucionais para coleta de dados, monitoramento, verificação e reporte. A consolidação de uma infraestrutura de dados ambientais e produtivos é condição essencial para garantir a rastreabilidade, a comparabilidade e a credibilidade dos critérios adotados, especialmente em setores como o agropecuário, em que há significativa heterogeneidade de práticas e níveis tecnológicos.

Nesse contexto, a governança da TSB foi estruturada de forma interinstitucional e participativa, coordenada pelo Ministério da Fazenda em articulação com diversos ministérios, órgãos reguladores e instituições de pesquisa. Essa configuração permite responder à complexidade dos desafios mencionados, promovendo a integração de políticas públicas, marcos regulatórios e conhecimento técnico-científico. Em especial, destaca-se o papel da Embrapa, que tem exercido uma liderança técnica relevante no desenvolvimento de critérios específicos para o setor agropecuário. A instituição vem contribuindo ativamente para a construção de uma base metodológica sólida e adaptada à realidade

de brasileira. Esse trabalho conjunto tem sido fundamental para garantir que os critérios reflitam não apenas os compromissos ambientais e climáticos do País, mas também as particularidades produtivas e sociais da agricultura nacional, fortalecendo a legitimidade e a aplicabilidade da taxonomia.

Além disso, é preciso considerar a importância da capacitação técnica e institucional em todos os níveis, incluindo governos locais, entidades financeiras, cooperativas, extensionistas e produtores rurais. A aplicação prática da taxonomia depende do entendimento claro de seus critérios, da existência de instrumentos acessíveis para avaliação de conformidade e da disponibilidade de mecanismos financeiros adaptados a diferentes perfis de produtores. A construção de uma taxonomia eficaz e inclusiva exige, portanto, investimentos complementares em educação, assistência técnica e inovação, especialmente nos territórios mais vulneráveis.

Todavia, apesar dos desafios inerentes ao desenvolvimento de critérios técnicos para o setor agrícola em taxonomias nacionais, é importante destacar que diversos países e blocos econômicos já avançaram nesse processo. Trata-se de uma construção gradual e essencialmente colaborativa, na qual cada novo critério técnico reflete aprendizados anteriores, incorpora adaptações metodológicas e considera as especificidades socioambientais de cada território.

Com o propósito de ilustrar a evolução das taxonomias para o setor agrícola em regiões de clima tropical, foram selecionados cinco exemplos desenvolvidos nos últimos anos, apresentando a seguir suas características, do ponto de vista de inovação, desafios e requisitos, bem como comparando-as com a TSB. O tema é bastante atual e está na agenda de desenvolvimento de políticas públicas de muitos países. Das metodologias aqui apresentadas, quatro foram estabelecidas ao longo do ano de 2024.

As taxonomias têm em comum a aplicação de um princípio denominado *interoperabilidade*, o que significa que elas precisam ter uma estrutura e modelo comuns, de forma a permitir o seu reconhecimento e aceitação por outros países e regiões. Sendo assim, utilizam-se os seus requisitos comuns para desenvolver uma análise mais detalhada acerca das suas características.

Os países escolhidos foram México, Colômbia, Costa Rica, Ruanda e Panamá.

Atividades priorizadas

Nota-se que cada país priorizou as atividades elegíveis, a partir de premissas econômicas, sociais e ambientais, respeitadas as características regionais. Todas as taxonomias do agronegócio têm em comum a abrangência para as atividades agrícolas, de pecuária e de silvicultura. As particularidades surgem no desdobramento em subatividades que foram priorizadas por cada país.

No Brasil a escolha foi feita, entre outros, com base nos riscos em relação aos objetivos ambientais, climáticos e econômico-sociais, assim como a participação na área cultivada do País, o valor da produção agropecuária, o acesso ao crédito e outros meios de financiamento. O resultado foi a definição de oito atividades, divididas entre culturas agrícolas perenes e anuais, silvicultura comercial e regeneração natural assistida, pesca do pirarucu e aquicultura voltada para a tilápia e o **tambaqui**.

O México definiu um conjunto de 64 atividades, distribuídas por relevância, sendo 53 na área de agricultura, 7 em pecuária e 4 em silvicultura.

A Colômbia priorizou, além das culturas de café, arroz de sequeiro, fruticultura e cacau, a propagação de plantas. Na área da pecuária, o foco está em criação de bovinos e bufalinos. A integração lavoura-pecuária é trazida como uma atividade também elegível, e na área de silvicultura há uma ênfase em extração de madeira e coleta de produtos florestais não madeireiros.

A taxonomia da Costa Rica priorizou as culturas de cana-de-açúcar, café, banana, arroz e abacaxi. Para pecuária, abrangeu, além da criação de rebanhos bovinos, as criações de ovinos e caprinos, como também serviços relacionados à criação. Na silvicultura, foram selecionadas as atividades de restauração de solos florestais degradados, a conservação, manejo e aproveitamento sustentável de florestas naturais e o reflorestamento com fins comerciais. As agroflorestas também são citadas como atividades elegíveis.

A metodologia de Ruanda cita as culturas perenes e não perenes em geral e estabelece requisitos específicos de contribuição substancial para o cultivo de chá e café. Na área da silvicultura, priorizou o manejo sustentável de florestas e a conservação, restauração e manutenção de florestas naturais. A pecuária é incluída de forma ampla, sem indicação de subatividades.



Foto: Felipe Santos da Rosa

Por fim, cita-se a taxonomia do Panamá, que inclui as atividades agrícolas e pecuárias em geral, e prioriza, para a silvicultura, a conservação, manejo e aproveitamento sustentável das florestas naturais, assim como a restauração de solos florestais degradados.

Escala das atividades econômicas

As taxonomias analisadas podem ser divididas em três grupos:

Brasil e México: caracterizados por agricultura em pequena, média e grande escalas.

Colômbia, Costa Rica e Panamá: caracterizados por agricultura em pequena e média escalas.

Ruanda: caracterizado por pequenas e médias propriedades, porém grande ênfase em agricultura de subsistência, contrastando com plantações de café e chá para exportação.

Objetivos da taxonomia

Um dos pilares para a definição de uma taxonomia de finanças sustentáveis é o estabelecimento de seus objetivos (ambientais e/ou sociais), uma vez que a elegibilidade, que poderá ser conferida a uma atividade, dependerá da adoção de um manejo que demonstre o atendimento a um ou mais dos seus objetivos. Uma característica importante sobre o atendimento aos objetivos de uma taxonomia, citada em todas elas, é o reconhecimento da *transversalidade* das chamadas “contribuições substanciais”. Isso significa que há um consenso de que as boas práticas ou medidas necessárias para atribuição da elegibilidade atendem simultaneamente (em grande parte) a um ou mais objetivos.

A análise das taxonomias estudadas demonstra que há uma total convergência para os objetivos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Sobre o uso sustentável dos solos, biodiversidade e proteção de ecossistemas, com exceção do México, todas as metodologias incluem os temas em seus objetivos, porém, a TSB os trata de forma um pouco distinta, adotando os objetivos de “conservação, manejo e uso sustentável das florestas” e “uso sustentável do solo”.

A respeito de gestão de recursos hídricos, observa-se que as metodologias da Colômbia, Costa Rica, Ruanda e Panamá definiram objetivos, descritos de formas diferentes. O Panamá e a Costa Rica, por exemplo, incluíram a proteção aos ecossistemas marinhos, em razão de sua geografia.

Por fim, nota-se que Costa Rica, Ruanda e Panamá adotaram os objetivos de “transição para uma economia circular” e “prevenção e controle de contaminação”.

Ainda é cedo para compreender o que essas diferenças irão significar em termos de resultados efetivos e contribuições para o agronegócio sustentável.

Contribuição substancial

A contribuição substancial é um elemento-chave para a caracterização de elegibilidade de uma atividade, frente aos critérios de qualquer taxonomia. Ela implica a adoção de práticas e/ou medidas que demonstram que há uma minimização de impactos negativos ou atributos de sustentabilidade evidentes. A contribuição substancial é, via de regra, associada a cada objetivo de uma taxonomia. Todavia, como dito anteriormente, para o setor do agronegócio, das metodologias analisadas, ela é aplicada de forma transversal. Sendo assim, tem-se uma determinação comum a todas as taxonomias, que é a definição de práticas elegíveis que podem atender simultaneamente a um ou mais objetivos. Essas práticas foram elaboradas na forma de “listas de práticas”, que podem ser selecionadas para cada atividade considerada elegível. A atribuição de elegibilidade segue

regras distintas para alguns países, como pode ser lido adiante.

Todos os países, com exceção do Brasil, adotam um critério de nível de complexidade (baixo, intermediário e avançado) para classificar as práticas de contribuição substancial. Isso significa que se adota um modelo de transformação gradual em direção a um melhor desempenho ao longo do tempo. Costa Rica, Ruanda e Panamá definem dois níveis de práticas, que são as “gerais de restauração e ação climática”, bem como as “setoriais”, também listadas nas respectivas metodologias. O México tem critérios de avaliação técnica (CET) para identificar e avaliar as contribuições substanciais e também adota as práticas setoriais classificadas nos três níveis de complexidade. As taxonomias que têm níveis de complexidade contam ainda com uma categoria de Investimentos elegíveis complementares.

O Panamá estabeleceu um requisito adicional aplicado à contribuição substancial, o qual é a necessidade de um plano de manejo que deve contemplar medidas adicionais destinadas a gerir os objetivos ambientais.

Já o Brasil adotou um modelo diferente que não prevê níveis de classificação. Há uma ampla compreensão de que a estratégia de níveis pode tornar o processo de elegibilidade demasiadamente complexo, criando dúvidas quanto aos critérios mínimos que devem ser atendidos ao longo do tempo, o que pode trazer insegurança no meio dos investidores e emissores de dívidas rotuladas. A TSB trabalha, em sua primeira versão, com elegibilidade voltada a projetos e práticas sustentáveis e não contempla as propriedades rurais em geral. O aumento de escopo, abrangendo os imóveis rurais em sua totalidade, está previsto para a próxima fase de desenvolvimento da taxonomia brasileira.

Salvaguardas

Todas as taxonomias analisadas adotam requisitos mínimos para elegibilidade, os quais são traduzidos como salvaguardas. Em todas as metodologias, as salvaguardas são descritas na forma de normativas e requisitos legais em nível nacional. Com exceção de Brasil e México, as taxonomias definem que o atendimento aos requisitos de salvaguarda deve ser demonstrado em planos de gestão.

A taxonomia mexicana tem um caderno específico que trata das salvaguardas do país.

A metodologia de Ruanda estabelece que uma atividade pode ser aceita como parcialmente em conformidade com os requisitos de não prejudicar significativamente (NPS) e salvaguardas sociais, mesmo que a propriedade ainda não consiga comprovar a conformidade com tais requisitos. Nesses casos, deve ser apresentado um plano de remediação para atingir a conformidade total em até 3 anos.

A TSB estabeleceu um caderno específico sobre as salvaguardas mínimas (SM), contendo um método (estrutura) e indicadores transversais e setoriais. Adicionalmente foram definidos indicadores de conformidade, que deverão ser demonstrados de acordo com a característica de cada organização que busca aderência aos requisitos da TSB.

Não prejudicar significativamente

O conceito de não prejudicar significativamente (NPS) é largamente utilizado em taxonomias e seu intuito é que práticas ou medidas que contribuam para um ou mais objetivos não causem impactos adversos em outro(s).

Com exceção de Brasil e México, todas as metodologias integram o conceito de NPS ao atendimento dos requisitos de salvaguardas ambientais

e/ou sociais e requerem a elaboração de um plano de gestão que demonstre o atendimento a esses requisitos.

O Panamá aplica um critério adicional, que implica a adoção de requisitos de atendimento preventivos.

A Costa Rica busca alinhamento do plano de gestão com requisitos de determinadas certificações (listadas), em que a existência da certificação substitui a necessidade do plano de gestão.

O México adota cinco parâmetros ambientais para se analisar NPS: água, adaptação, biodiversidade, contaminação e economia circular. Foram definidos requisitos para cada parâmetro que devem ser atendidos por qualquer atividade do setor do agronegócio.

O Brasil definiu em seu método a necessidade de se adotar medidas complementares às práticas de contribuição substancial e, em certos casos, o uso de uma análise de vulnerabilidade. Para facilitar o entendimento, há uma lista de medidas complementares, e a análise de vulnerabilidade é aplicada quando se pretende aplicar medidas diferentes daquelas descritas na TSB.

Monitoramento das práticas e medidas adotadas

Este é, sem dúvida, um tema que ainda precisa evoluir nas taxonomias analisadas. Com exceção de Brasil e México, as metodologias não definem critérios claros de monitoramento para as práticas e/ou medidas adotadas, tampouco as métricas associadas.

A metodologia mexicana contempla métricas para mensuração das contribuições substan-

ciais relacionadas à mitigação, porém, ainda não foram estabelecidos limites de aceitação. Para monitoramento das contribuições associadas à adaptação e cumprimento dos objetivos sociais, são usados indicadores qualitativos.

A TSB vai mais além sobre esse tema e define indicadores de implementação para cada prática elegível de cada subsetor incluído. Os indicadores podem ser qualitativos ou quantitativos.

Considerações finais

Como se percebe, as taxonomias têm pontos em comum, diferenças importantes e algumas lacunas ainda a serem preenchidas. Todavia, é fato que tais taxonomias foram construídas à luz de referências científicas e conceitos amplamente disseminados no mundo, especialmente a chamada *interoperabilidade*, o que demonstra a existência de um alicerce consolidado para evolução metodológica e de implementação em nível global.

Referências

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Novo Brasil**: Plano de Transformação Ecológica. Brasília, DF, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica-novo-brasil/cartilha/cartilha-novo-brasil>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira**. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira>. Acesso em: 23 jul. 2025.

CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS. **Programa de Transição Energética**: neutralidade de carbono até 2050: cenários para uma transição eficiente no Brasil. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

CLIMATE BONDS. **Channelling trillions into climate solutions**. Disponível em: <https://www.climatebonds.net>. Acesso em: 23 jul. 2025.





Capítulo 3

Papel da Taxonomia Sustentável Brasileira no desenvolvimento sustentável do setor rural brasileiro

Camila Stefaní de Sousa Silva | Gilson Alceu Bittencourt

Introdução

O aumento da pressão sobre os recursos naturais tem gerado crescente preocupação no cenário internacional, especialmente em relação à sua exaustão, às mudanças climáticas e aos seus impactos sobre a sustentabilidade econômica. Esse cenário impulsionou uma série de fóruns globais e acordos internacionais voltados à discussão do futuro do desenvolvimento mundial.

Nesse contexto, consolidou-se o conceito de desenvolvimento sustentável, que, ao longo do tempo, evoluiu para além das questões ambientais, integrando também preocupações sociais e a promoção do desenvolvimento em países em situação de vulnerabilidade econômica.

As finanças sustentáveis emergem como instrumento estratégico na transição das economias globais para práticas mais resilientes e responsáveis. Ao integrar critérios ambientais, sociais e de governança (ASG) nas decisões de investimento, empresas buscam soluções que concili-

liem retorno financeiro com proteção ambiental, justiça social e boas práticas de gestão.

Com o intuito de aumentar a efetividade desses fluxos financeiros, diversos países passaram a desenvolver taxonomias de finanças sustentáveis — sistemas que classificam as atividades econômicas, os ativos ou os tipos de projetos com base em sua contribuição (ou não) para objetivos climáticos, ambientais e sociais acordados mundialmente, segundo critérios técnicos e cientificamente embasados. Esse instrumento oferece parâmetros e indicadores claros para identificar se uma atividade é, de fato, sustentável ou se contribui para uma transição justa rumo a uma economia de baixo carbono e maior inclusão social (Banco Central do Brasil, 2023a).

As taxonomias das finanças sustentáveis oferecem uma linguagem comum entre governos, empresas, instituições financeiras, investidores, reguladores e outras partes interessadas. Isso facilita a formulação de políticas públicas e a tomada de decisões de investimento pelos setores

público e privado, promovendo maior transparência, confiabilidade e a redução do risco de *greenwashing*¹.

Embora cada país deva considerar suas particularidades, a interoperabilidade entre taxonomias é fundamental para ampliar o alcance dos investimentos sustentáveis e garantir comparabilidade em escala global. Essa harmonização contribui para atrair capital estrangeiro, alinhar políticas climáticas e reduzir barreiras comerciais (Banco Central do Brasil, 2023a).

A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) é um dos instrumentos financeiros que estão sendo desenvolvidos no eixo de finanças sustentáveis do Plano de Transformação Ecológica (PTE), liderado pelo Ministério da Fazenda (MF), contando com a participação de diversos outros ministérios. O PTE visa contribuir para que o País atinja suas metas climáticas, ao mesmo tempo que possa aproveitar as oportunidades geradas com uma economia mais sustentável, gerando mais empregos e promovendo justiça social.

Para alcançar esse objetivo, o PTE se apoia em políticas públicas e ações estratégicas organizadas em seis eixos temáticos: 1) finanças sustentáveis; 2) adensamento tecnológico; 3) bioeconomia e sistemas agroalimentares; 4) transição energética; 5) economia circular; e 6) infraestrutura verde e adaptação (Brasil, 2024b).

Por isso, em 2023, o Brasil lançou o Plano de Ação da Taxonomia Sustentável Brasileira, com o objetivo de estabelecer diretrizes para sua elaboração, alinhadas aos compromissos internacionais, como o Acordo de Paris e a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, além das especificidades econômicas, sociais e ambientais do País.

A TSB foi estruturada com três objetivos estratégicos: 1) mobilizar e reorientar o financiamento e os investimentos públicos e privados para atividades econômicas com impactos ambientais, climáticos e sociais positivos; 2) promover o adensamento tecnológico voltado à sustentabilidade ambiental, climática, social e econômica; e 3) criar bases de informações confiáveis dos fluxos de finanças sustentáveis ao estimular a transparência para a atividade econômica e financeira (Banco Central do Brasil, 2023a).

Além disso, a TSB define um conjunto de objetivos ambientais e climáticos e econômico-sociais que orientam sua implementação:

a) Objetivos ambientais e climáticos:

- 1) Mitigação da mudança do clima.
- 2) Adaptação à mudança do clima.
- 3) Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas.
- 4) Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas.
- 5) Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos.
- 6) Transição para economia circular.
- 7) Prevenção e controle de contaminação.

b) Objetivos econômico-sociais:

- 1) Geração de trabalho decente e elevação da renda.
- 2) Reduzir desigualdades socioeconômicas, considerando aspectos raciais e de gênero.
- 3) Reduzir desigualdades regionais e territoriais do País.
- 4) Promover a qualidade de vida com ampliação do acesso a serviços sociais básicos.

¹ *Greenwashing* refere-se à prática de veicular informações ambientais enganosas ou não verificáveis, conferindo a aparência de responsabilidade ambiental a produtos ou serviços, sem correspondência concreta de suas práticas (Dahl, 2010).

Com base no Decreto nº 11.961, de 22 de março de 2024 (Brasil, 2024c), o qual instituiu o Comitê Interinstitucional da Taxonomia Sustentável Brasileira (CITSB), a governança da TSB está composta por dez grupos técnicos (GTs) setoriais e temáticos, em coordenação com a secretaria executiva, além do comitê supervisor (CS) e do comitê consultivo (CC). Esses grupos são responsáveis pela elaboração de propostas preliminares que envolvem a metodologia de seleção de atividades da TSB; os critérios técnicos para os três objetivos climáticos e ambientais priorizados nessa primeira versão; a definição de salvaguardas mínimas com diretrizes transversais; a construção do Índice de Equidade de Gênero e Raça, considerando os contextos regionais e territoriais, vinculado aos dois objetivos econômico-sociais priorizados; bem como a estruturação do Sistema de Reporte, Monitoramento e Verificação (MRV) dos fluxos de capitais alinhados à TSB.

As propostas preliminares dos cadernos técnicos que compõem a primeira versão da TSB foram submetidas à consulta pública no período de 16 de novembro de 2024 a 31 de março de 2025. Essa consulta foi direcionada a todos os interessados no tema, com o objetivo de promover uma construção mais participativa e transparente da TSB.

No caso brasileiro, os setores econômicos contemplados na TSB foram definidos com base nas características da matriz produtiva nacional, utilizando o Cadastro Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O CNAE é um sistema de classificação baseado na Classificação Internacional Normalizada Industrial de Todas as Atividades Econômicas da Organização das Nações Unidas (ONU). Essa escolha facilita a interoperabilidade com outras taxonomias, fator importante para a confiança e a comparabilidade entre taxonomias (Banco Central do Brasil, 2023a).

Entre os setores incluídos está o de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (CNAE-A), foco deste estudo. Cabe destacar que nem todas as taxonomias internacionais contemplam o conjunto desse setor, o que torna a experiência brasileira particularmente relevante.

A inclusão do setor rural na TSB representa um marco importante na consolidação de critérios mais objetivos para identificar práticas de manejo e sistemas de produção mais sustentáveis no meio rural. Essa iniciativa soma-se a um conjunto de políticas públicas já existentes ou em implementação em 2025, voltadas à promoção da sustentabilidade nas atividades rurais, como o incentivo à agricultura de baixo carbono, à regularização ambiental, à implementação de sistemas agroflorestais e à recuperação de áreas degradadas.

Ao longo deste artigo, serão apresentadas algumas dessas iniciativas, destacando o papel da TSB como instrumento complementar que pode reforçar, alinhar e potencializar a efetividade das políticas públicas voltadas à sustentabilidade ambiental e social, especialmente em termos de incentivo à adoção de práticas sustentáveis na agricultura, pecuária, floresta, pesca e aquicultura, bem como em sua contribuição para a transição para uma economia de baixo carbono no setor rural.

Sustentabilidade no campo: avanços e compromissos

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992 (*Rio-92*), o Brasil passou a atuar de forma mais ativa nos debates internacionais sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Esse evento foi um marco global na agenda ambiental e resultou em importantes compromissos, com destaque para a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês).

Com o avanço dessas discussões, o Brasil reafirmou seu compromisso com a agenda climática durante a *15ª Conferência das Partes (COP 15)* da UNFCCC, realizada em Copenhague, em 2009. Na ocasião, o País anunciou metas voluntárias de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), demonstrando engajamento no enfrentamento das mudanças climáticas. Ainda naquele ano, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Brasil, 2009), que estabeleceu diretrizes para integrar ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas nas políticas públicas.

Posteriormente, em 2012 a *Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável*, também realizada no Rio de Janeiro (*Rio+20*), reafirmou o direito de todas as populações a uma alimentação saudável e adequada. O documento final destacou a necessidade de redirecionar a produção agrícola e o desenvolvimento rural para bases mais sustentáveis, especialmente nos países em desenvolvimento. Além disso, reconheceu a importância de apoiar populações rurais em situação de vulnerabilidade, como pequenos produtores, **mulheres** e comunidades tradicionais, garantindo-lhes acesso a crédito, mercados, saúde, educação, capacitação e tecnologias apropriadas, como sistemas de irrigação eficiente e reúso de águas residuais (United Nations Conference on Sustainable Development, 2012).

Para alcançar esses objetivos, o documento resultante das negociações da *Rio+20* estabeleceu áreas prioritárias para investimento, incluindo: práticas agrícolas sustentáveis, infraestrutura rural, tecnologias de armazenamento, pesquisa e desenvolvimento agrícola, fortalecimento de cooperativas e de cadeias de valor, bem como o fortalecimento das conexões urbano-rurais (United Nations Conference on Sustainable Development, 2012).

Esses compromissos ambientais globais, que orientaram as ações nacionais em termos de

sustentabilidade, foram ampliados e reforçados em acordos subsequentes, como o Acordo de Paris, firmado em 2015. Nesse contexto, os países signatários da convenção se comprometeram a adotar medidas para manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e a dar continuidade aos esforços para limitar esse aumento de temperatura a 1,5 °C. Para tanto, foram organizados planos de redução de emissões conhecidos como Contribuição Nacional Determinada (NDC, sigla em inglês).

Enquanto as metas globais buscam mitigar as mudanças climáticas, o crescimento contínuo da demanda alimentar mundial apresenta um desafio adicional: como aumentar a produção de alimentos de forma sustentável. Como alertam Foley et al. (2005), a exploração inadequada da terra pode causar impactos negativos, como desequilíbrios climáticos, escassez de água, perda da biodiversidade e degradação ambiental, o que torna essencial a busca por métodos de produção agrícola que alinhem produtividade com a conservação do meio ambiente.





A agropecuária brasileira, por sua vez, experimentou um crescimento expressivo a partir da Revolução Verde, iniciada na década de 1960. Esse período foi marcado pela introdução de novas tecnologias agropecuárias, como a monocultura, a mecanização e o uso intensivo de fertilizantes e de agrotóxicos, as quais resultaram em ganhos de produtividade e aumento da produção e, consequentemente, uma maior capacidade de abastecer os mercados internos e externos. No entanto, esse modelo também gerou impactos ambientais e sociais negativos, como o **desmatamento**, a degradação dos solos, a contaminação de rios e solos com agrotóxicos e uma grande concentração da propriedade das terras no País.

Ao longo dos anos, contudo, o Brasil tem buscado alternativas para aproximar o aumento da produtividade com a sustentabilidade, promovendo práticas agrícolas mais responsáveis e investindo em tecnologias mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente, o que reflete uma evolução em direção a um modelo mais equilibrado e sustentável.

Nesse sentido, nas últimas décadas, em resposta à crescente pressão internacional por ações efetivas contra as mudanças climáticas, às de-

mandas de mercado por produtos sustentáveis e ao aumento da consciência ambiental, o Brasil começou a incorporar princípios de sustentabilidade em suas políticas para o setor agropecuário. Essa transformação, ainda em curso, tem buscado equilibrar a produção de alimentos, a conservação ambiental, a redução das emissões de GEE e a inclusão social, alinhando-se aos compromissos globais de desenvolvimento sustentável e promovendo um modelo de agricultura que seja, ao mesmo tempo, produtivo e ambientalmente responsável (Sambuichi et al., 2012).

Critérios ambientais no crédito rural

Desde a criação do marco legal do crédito rural, instituído pela Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965 (Brasil, 1965), há debates constantes sobre o papel da agropecuária no desenvolvimento nacional. Recentemente, as diretrizes da política agrícola têm se voltado cada vez mais para práticas sustentáveis, com ênfase na eficiência e preservação dos recursos naturais e no incentivo a técnicas e sistemas produtivos mais responsáveis. Essa orientação está em sintonia com a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que, em seu art. 3º, inciso IV, estabelece a proteção

ambiental, o uso racional dos recursos naturais e a recuperação de áreas degradadas como um dos objetivos da política agrícola (Brasil, 1991).

O crédito rural — que historicamente era voltado para o aumento da produção e da produtividade no campo, bem como é um dos principais instrumentos econômicos da política agrícola brasileira — passou a incorporar exigências sociais e ambientais, inclusive contribuindo para que o Brasil possa concretizar compromissos ambientais assumidos em acordos internacionais. Esse processo de transformação tem buscado alinhar o financiamento agropecuário a práticas mais sustentáveis e responsáveis, promovendo a redução das desigualdades produtivas no meio rural, a preservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais.

Dentro desse contexto, destaca-se a criação, em 1995, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), uma resposta às reivindicações de agricultores familiares e de suas organizações representativas. Conforme Bittencourt (2003), o programa foi estabelecido por meio da Resolução nº 2.191, de 24 de agosto de 1995, do Conselho Monetário Nacional (CMN), com a finalidade de ampliar o acesso dos agricultores familiares ao crédito rural (Banco Central do Brasil, 1995), oferecendo condições diferenciadas em relação aos produtores de maior porte. O Pronaf não só reconhece as especificidades do segmento, mas também busca promover a inclusão produtiva e social no meio rural, alinhando-se às demandas de justiça social e fortalecimento da agricultura familiar.

Resultado dos avanços dos debates sobre questões ambientais, em 2008, por proposição do MF, fruto de discussões com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o CMN aprovou a Resolução nº 3.545, de 2008 (Banco Central do Brasil, 2008). A norma condicionou a concessão do crédito rural nos municípios do bioma Amazônia à apresentação de documentos que comprovassem a regularidade fundiária e ambiental dos

imóveis rurais, como o Certificado de Cadastro de Imóvel Rural (CCIR) e a inexistência de embargos vigentes de uso econômico de áreas desmatadas ilegalmente no imóvel.

Outro aspecto relevante da norma foi a introdução de instrumento de organização territorial ao exigir a observância das recomendações e restrições do zoneamento agroecológico e do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), que tem por objetivo organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

A incorporação de questões sociais nas políticas de crédito rural também pode ser observada com a Resolução nº 3.876, de 2010 (Banco Central do Brasil, 2010a). Essa norma foi proposta pelo MF, resultado das discussões com o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), estabelecendo a vedação do crédito rural para pessoas físicas ou jurídicas inscritas no Cadastro de Empregadores que mantiveram trabalhadores em condições análogas à de escravo, instituído pelo MTE. Essa medida, aliada à criação do Pronaf em 1995 e sua posterior ampliação, sinaliza um esforço do Brasil para integrar aspectos sociais nas suas políticas de crédito rural, promovendo não apenas o aumento da produtividade, mas também o respeito aos direitos dos trabalhadores no campo.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pelo Código Florestal brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) (Brasil, 2012b), tem sido utilizado como um importante instrumento na análise dos imóveis rurais no contexto do crédito rural. Embora o CAR não possua uma função fundiária e apresente falhas, como inconsistências nos dados cadastrais e na integração com outros sistemas de gestão, ele tem contribuído para a análise mais holística dos imóveis rurais. Isso ocorre, pois o CAR, além de contribuir

para monitorar o cumprimento das exigências ambientais, também tem sido utilizado para avaliar aspectos relacionados ao uso da terra e à conformidade com as políticas de sustentabilidade, como no caso da análise das áreas de preservação permanente (APPs) e das reservas legais (RLs). Embora o instrumento ainda tenha limitações, ele tem promovido avanços significativos no direcionamento do crédito rural ao incorporar aspectos ambientais de forma mais estruturada, refletindo em uma evolução no alinhamento das práticas agropecuárias com as necessidades de preservação e gestão sustentável dos recursos naturais.

Em 2016, com base no art. 78-A da Lei nº 12.651, de 2012 (Brasil, 2012b), o CMN aprovou a Resolução nº 4.487, exigindo, a partir de 26 de maio de 2017, o recibo de inscrição no CAR como condição para concessão de crédito rural, data prorrogada sucessivamente até 1º de janeiro de 2019, quando entrou efetivamente em vigor.

Em 2021 o Banco Central do Brasil (BCB) publicou a Resolução BCB nº 140 (Banco Central do Brasil, 2021), inserindo a Seção 9 (Impedimentos Sociais, Ambientais e Climáticos) do Capítulo 2 (Condições Básicas) no *Manual de Crédito Rural* (MCR), com o intuito de consolidar as normas que já constavam no MCR e conferir maior clareza quanto à observância dessas regras pelas instituições financeiras. Essa resolução, além de consolidar as normas existentes, também passou a vedar a concessão de crédito rural, com base:

- a) Na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000), para *empreendimento* total ou parcialmente inserido em unidade de conservação (UC), salvo se a atividade econômica se encontrar em conformidade com o Plano de Manejo da Unidade de Conservação.
- b) Na Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973 (Brasil, 1973), para *empreendimento*

cuja área esteja total ou parcialmente inserida em terra indígena.

- c) No art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias e no Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003 (Brasil, 2003), para *empreendimento* cuja área esteja total ou parcialmente inserida em terras ocupadas e tituladas por remanescentes das comunidades de quilombos.
- d) No 78-A da Lei nº 12.651, de 2012 (Brasil, 2012b), para o produtor cuja inscrição no CAR se encontre cancelada.

Ainda, com o intuito de ampliar e fortalecer os critérios ambientais ligados à concessão do crédito rural, o CMN aprovou, em 29 de junho de 2023, a Resolução nº 5.081 (Banco Central do Brasil, 2023a), proposta pelo Ministério da Fazenda. Essa norma estabeleceu uma série de restrições adicionais para a concessão de crédito rural:

- a) Vedação do crédito rural para imóveis rurais que tenham o CAR *suspenso*, situação cadastral que poder ser adotada pelos órgãos ambientais quando da ausência de resposta pelos produtores a demandas de documentos ou retificações solicitadas.
- b) Vedação de crédito rural para *imóveis* rurais com áreas inseridas, total ou parcialmente, em unidades de conservação (UCs), terras indígenas e florestas públicas tipo B, ampliando a vedação do financiamento para qualquer área dentro do imóvel, não apenas para a área do empreendimento sobreposta.
- c) Vedação do crédito rural para imóveis rurais que possuam áreas embargadas por desmatamento ilegal em todo o *País*, independentemente do bioma, ampliando, assim, uma restrição aplicada apenas ao bioma Amazônia.

Diante da necessidade de realizar ajustes às regras vigentes para contemplar dificuldades no processo de análise do CAR e ampliar as restrições de acesso ao crédito rural para produtores que desmataram ilegalmente, por proposta do Ministério da Fazenda, fruto de discussões com os ministérios da Agricultura e Pecuária e do Meio Ambiente e Mudança do Clima, o CMN aprovou a Resolução nº 5.193, de 19 de dezembro de 2024 (Banco Central do Brasil, 2024b). Essas alterações permitiram:

- a) O acesso ao crédito rural para imóveis rurais com área embargada por desmatamento ilegal, desde que não haja reincidência de embargo no imóvel, o CAR esteja ativo e “aguardando a análise”, e o produtor tenha cumprido todas as exigências para o desembargo da área, exceto quanto à aprovação do Plano de Recuperação Ambiental (PRA) pelo órgão ambiental autuante e à exigência de análise prévia do CAR.
- b) O acesso ao crédito rural a empreendimento situado em imóvel rural total ou parcialmente inserido em floresta pública tipo B (não destinada), desde que a vegetação nativa seja mantida na área de floresta pública tipo B, o imóvel tenha título de propriedade e seja inferior a 15 módulos fiscais, e o empreendimento financiado não esteja inserido na respectiva floresta pública.

Além da atualização de normas anteriormente publicadas, a nova resolução introduziu dispositivos com o objetivo de contribuir com os compromissos assumidos pelo Brasil na Contribuição Nacional Determinada (do inglês Nationally Determined Contribution – NDC), especialmente no que diz respeito à redução da emissão de GEE e ao enfrentamento das mudanças climáticas. Nesse contexto, a mesma resolução vedou a concessão de crédito rural para a supressão da vegetação nativa com utilização de recursos

controlados (equalizados, de fundos públicos e obrigatórios) e direcionados, oriundos de Letras de Crédito do Agronegócio (LCA), mesmo com taxas de juros livres.

Com o intuito de reforçar o combate ao desmatamento ilegal, a Resolução CMN nº 5.193, de 19 de dezembro de 2024 (Banco Central do Brasil, 2024b), veda, a partir de 2 de janeiro de 2026, a concessão de crédito rural com recursos controlados e direcionados para quem desmatou ilegalmente após julho de 2019. Para isso, as instituições financeiras deverão verificar se houve supressão da vegetação nativa no imóvel rural por meio de consulta às informações que serão disponibilizadas pelo MMA. Se for identificada supressão, o crédito rural somente poderá ser concedido mediante a apresentação, pelo mutuário, de documentação comprobatória de que a intervenção foi legal e realizada em conformidade com as disposições da Lei nº 12.651, de 2012 (Brasil, 2012b). Por fim, a Resolução CMN nº 5.193 (Banco Central do Brasil, 2024b) estabeleceu que o contrato de crédito rural deve prever que, caso seja verificado o descumprimento de quaisquer obrigações ambientais no imóvel rural durante a vigência do financiamento, a operação poderá ser desclassificada.

Por meio do crédito rural, além das políticas de comando e controle citados anteriormente, também é possível realizar políticas de incentivo a práticas e tecnologias mais sustentáveis por meio do financiamento. Um exemplo é o atual programa RenovAgro, antigo Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) criado em 2010, o qual financia as tecnologias do Plano ABC+ e será tratado com detalhe na próxima seção.

Ainda tratando dos incentivos, a Resolução CMN nº 5.102, de 24 de agosto de 2023 (Banco Central do Brasil, 2023b), instituiu desconto de 0,5 ponto percentual (p.p) na taxa de juros de crédito de custeio para as operações contratadas pelos produtores enquadrados no Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural

(Pronamp) e nos demais agricultores que possuam o CAR analisado e em conformidade com a legislação ambiental vigente. Essa iniciativa visa reconhecer os produtores que cumprem a legislação, além de reforçar a importância e urgência dos órgãos ambientais na análise e validação do CAR como instrumento de controle e regularização ambiental.

De forma semelhante, a Resolução CMN nº 5.152, de 3 de julho de 2024 (Banco Central do Brasil, 2024a), ampliou os incentivos ao estabelecer redução de 0,5 p.p na taxa de juros de crédito de custeio para operações contratadas por produtores — também enquadrados no Pronamp e na agricultura empresarial — que desenvolvam atividades produtivas sustentáveis, reconhecidos por programas de certificação do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), tais como programa de Produção Integrada (PI), Programa de Boas Práticas Agrícolas (BPA) e Produção Orgânica. Além disso, produtores que tenham contratado crédito de investimento, nos últimos 5 anos agrícolas, por meio de subprogramas do RenovAgro (ABC), também poderão usufruir do benefício, desde que o crédito de custeio seja destinado a atividades realizadas, total ou parcialmente, na mesma área financiada anteriormente. O desconto concedido é cumulativo com o desconto previsto para o CAR, podendo alcançar até 1 p.p na taxa de juros.

O Pronaf também inclui linhas de financiamento voltadas para aumentar a resiliência da agricultura familiar às mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais. Atualmente, há quatro linhas de crédito de investimento com esse foco: o Pronaf Floresta, que apoia sistemas agroflorestais e a exploração extrativista ecologicamente sustentável; o Pronaf Agroecologia, destinado a sistemas de produção de base ecológica ou orgânica e à implantação de unidades de produção e armazenagem de bioinsumos; o Pronaf Bioeconomia, que financia práticas de uso sustentável da

sociobiodiversidade, energias renováveis e tecnologias ambientais; e o Pronaf Semiárido, voltado à convivência com o Semiárido, apoiando a infraestrutura produtiva adequada à região. Essas linhas tinham condições diferenciadas na safra 2024/2025, como taxa de juros reduzidas, maiores prazos de carência e de reembolso. Tudo isso visa apoiar práticas que, além de promoverem a sustentabilidade ambiental, também contribuem para a segurança alimentar de forma ampla ao favorecer uma produção de alimentos mais equilibrada e acessível.

Plano ABC e ABC+ e programa de financiamento no crédito rural

Conforme o art. 12 da Lei nº 12.187, de 2009 (Brasil, 2009), que trata da PNMC, o Brasil assumiu o compromisso voluntário de adotar medidas de mitigação das emissões de GEE, com a meta de reduzir entre 36,1 e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Entre as estratégias propostas, destacam-se ações no setor agropecuário, com a implementação de tecnologias sustentáveis que, juntas, poderiam representar um potencial de mitigação entre 133,9 e 162,9 milhões de megagramas de dióxido de carbono equivalente (Mg CO₂-e), conforme detalhado na Tabela 3.1.

Em 9 de dezembro de 2010, foi publicado o Decreto nº 7.390 (Brasil, 2010), que regulamentou os arts. 6º, 11 e 12 da PNMC. Esse decreto estabeleceu a constituição do Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), com foco na redução das emissões de GEE no setor agropecuário. O decreto reforçou o compromisso do Brasil com a implementação de ações específicas, com o objetivo de reduzir entre 1.168 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂-e) e 1.259 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂-e) das emissões totais estimadas até 2020.

O Plano ABC — uma ação coordenada pela Casa Civil da Presidência da República, pelo Mapa e pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) — visou organizar o planejamento das ações necessárias para a adoção das tecnologias sustentáveis de produção no setor agropecuário. Sua elaboração envolveu a participação de outros ministérios, associações de produtores rurais, organizações não governamentais (ONGs), empresas do setor e instituições acadêmicas, com o intuito de atender aos compromissos assumidos pelo Brasil no período de 2010–2020 (Brasil, 2012c).

Para viabilizar o cumprimento das metas estabelecidas no Plano ABC para o período de 2011 a 2020, foi estimado um montante total de financiamento de aproximadamente R\$ 197 bilhões. Esse valor deveria ser mobilizado por meio de diferentes fontes, incluindo recursos orçamentários da União e mecanismos de crédito rural.

Desses R\$ 197 bilhões, cerca de R\$ 157 bilhões foram previstos para serem operacionalizados por meio do crédito rural, destacando o papel do setor agropecuário na implementação das ações climáticas. A União, por sua vez, desempenharia um papel importante nesse processo, principalmente por meio da equalização das taxas de juros no crédito rural, o que represen-

taria uma despesa pública estimada em aproximadamente R\$ 33 bilhões, a serem arcados pelo Orçamento Geral da União. Esse arranjo reflete o envolvimento direto do Estado brasileiro, não apenas no planejamento das ações, mas também no suporte financeiro necessário para a execução do plano (Brasil, 2012c).

Com objetivo de manter e estimular à adoção e manutenção de sistemas agropecuários conservacionistas e sustentáveis de produção, surge o Plano ABC+ para o ciclo 2020–2030, que, além de atender às diretrizes da PNMC, também contribuirá para a implementação da NDC do Acordo de Paris. Seu objetivo é promover a adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas de maneira mais significativa nessa fase, além da incorporação da gestão integrada da paisagem.

As diretrizes do Plano Operacional do ABC+ têm três bases conceituais que regem a estrutura do plano operativo: a abordagem integrada da paisagem (AIP); a adoção e a manutenção de sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis (SPSABC); e a interconexão entre mitigação e adaptação às mudanças do clima.

Tabela 3.1. Tecnologias agropecuárias e potencial de mitigação de gases de efeito estufa para cumprimento da meta da Política Nacional sobre Mudança do Clima até 2020.

Tecnologia	Compromisso (milhões de hectares adicionais ou milhões de metros cúbicos tratados)	Potencial de mitigação (milhões)
Recuperação de pastagens degradadas	15,0 ha	83 a 104
Integração lavoura-pecuária-floresta	4,0 ha	18 a 22
Sistema plantio direto	8,0 ha	16
Fixação biológica de nitrogênio	5,5 ha	10
Floresta plantadas	3,0 ha	–
Tratamento de dejetos animais	4,4 m ³	6,9
Total	35,5 ha	133,9 a 162,9

Fonte: Brasil (2012c).

Para viabilizar a implementação das ações previstas no Plano ABC, foi criada uma linha de crédito específica no âmbito do crédito rural: o Programa para a Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária (Programa ABC). Esse programa foi instituído na safra 2010/2011, por meio da publicação da Resolução CMN nº 3.896, de 2010 (Banco Central do Brasil, 2010a). O objetivo do Programa ABC foi viabilizar recursos financeiros para a adoção de tecnologias sustentáveis no setor agropecuário, com foco na redução das emissões de GEE, oferecendo condições diferenciadas de financiamento para a implementação das práticas previstas no Plano.

Com o ciclo 2020–2030 e a reformulação do Plano ABC para o Plano ABC+, o compromisso com a sustentabilidade no setor agropecuário foi ampliado, com a continuidade do financiamento por meio do Programa RenovAgro (antigo ABC). O RenovAgro continua sendo uma importante ferramenta para viabilizar o acesso a financiamento para médios produtores rurais, viabilizando a implementação de práticas do Plano ABC+ e ajudando na redução dos impactos das mudanças climáticas.

Até o momento, o programa RenovAgro (incluindo o Programa ABC) já liberou cerca de R\$ 35,21 bilhões para financiar essas tecnologias, com a execução de aproximadamente 67 mil contratos (Banco Central do Brasil, 2025). Esse desempenho reflete o impacto positivo das linhas de crédito, que têm facilitado a adoção de práticas sustentáveis e apoiado a adaptação do setor agropecuário aos desafios impostos pelas mudanças do clima.

Como já mencionado neste artigo, o Pronaf também inclui linhas de financiamento voltadas para a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, com o intuito de apoiar a resiliência da agricultura familiar e contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Assim como o RenovAgro, que incentiva a implementação de

tecnologias sustentáveis e práticas de adaptação e mitigação, as linhas do Pronaf favorecem a transição para um modelo de produção mais sustentável, garantindo acesso a crédito com condições facilitadas para os agricultores familiares. Essas iniciativas convergem para um objetivo comum: promover a sustentabilidade do setor agropecuário e reduzir os impactos negativos das mudanças climáticas.

Taxonomia para o setor rural brasileiro e fortalecimento das políticas públicas

Para ampliar e fortalecer o financiamento de sistemas produtivos e de atividades rurais sustentáveis, é necessário primeiro definir critérios técnicos que orientem as diferentes práticas a serem adotadas pelo setor. Esses critérios visam orientar os produtores e técnicos na adoção das melhores práticas e sistemas produtivos, ao mesmo tempo que ajudam a direcionar recursos para o financiamento dessas atividades. A TSB desempenhará este papel ao recomendar para cada atividade rural ou sistema produtivo tecnologias e práticas de produção e de manejo agropecuário disponíveis no País que sejam mais responsáveis, sustentáveis e alinhadas aos compromissos climáticos do Brasil.

A definição dos critérios técnicos para as atividades no setor de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (CNAE-A) ocorreu no âmbito do grupo técnico setorial, formado por representantes de diversos ministérios. A coordenação coletiva desse grupo contou com a participação dos ministérios da Fazenda, da Agricultura e Pecuária, do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar e do Meio Ambiente e Mudança do Clima, além de representantes do BCB e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Nesse processo, é

importante destacar a contribuição técnica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), cuja expertise científica foi fundamental para que os critérios técnicos reflitam as especificidades e as práticas mais sustentáveis disponíveis no Brasil para a produção rural, em alinhamento com os objetivos da TSB.

Na primeira versão submetida à consulta pública, foi priorizada, ao menos, uma atividade representativa de cada um dos seguintes grupos produtivos: culturas anuais, culturas perenes, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura, além de uma atividade voltada à recuperação ambiental:

- Culturas anuais: binômio soja-milho.
- Culturas perenes: café e cacau.
- Sistemas a pasto: bovinocultura de corte e de leite.
- Floresta plantada: eucalipto.
- Pesca: pirarucu.
- Aquicultura: tilápia e tambaqui.
- Regeneração Natural Assistida (RNA) de florestas nativas.

A escolha dessas atividades foi resultado de diversos diálogos realizados entre os membros do grupo gestor ao longo de 2024. Essas reuniões e oficinas de trabalho foram essenciais para compreender as especificidades de cada setor, identificar suas contribuições para as emissões de GEE e avaliar os riscos em relação aos objetivos ambientais, climáticos e econômico-sociais priorizados pela TSB. O diálogo constante entre os diferentes atores envolvidos permitiu uma abordagem mais inclusiva e representativa, fundamental para a construção de políticas públicas eficazes e adaptadas às necessidades reais dos setores.

Na priorização das atividades, foram considerados diversos fatores, como a participação na área cultivada no País, o valor da produção agropecuária, o acesso ao crédito rural e outros

meios de financiamento (Brasil, 2024d). Buscou-se selecionar atividades e cadeias produtivas que representassem a diversidade da produção agropecuária nas cinco grandes regiões do Brasil.

Também foi incluída uma atividade diretamente vinculada à recuperação da vegetação nativa, em consonância com a Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg). Essa política, em implementação por meio do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) 2025–2028, visa articular, integrar e promover políticas, programas e ações para a recuperação de florestas e outras formas de vegetação nativa, além de impulsionar a regularização ambiental dos imóveis rurais. Nesse contexto, a TSB é um dos instrumentos previstos para ser utilizado no âmbito do Planaveg, para captação e alocação de recursos para ações sustentáveis (Brasil, 2024e).

Além do alinhamento com o Planaveg 2025–2028, destaca-se o alinhamento da TSB com o crédito rural. Modificações recentes na Seção 9 (Impedimentos Sociais, Ambientais e Climáticos) do Capítulo 2 (Condições Básicas) do crédito rural — refletidas nas resoluções CMN nº 5.081, de 2023 (Banco Central do Brasil, 2023a), e nº 5.193, de 2024 (Banco Central do Brasil, 2024b) — contribuíram com as discussões durante o processo de desenvolvimento da TSB. Essa interação entre os dois instrumentos é de grande importância, uma vez que ambos podem atuar de forma complementar. Embora as iniciativas de incentivo à produção sustentável já estejam implementadas no âmbito do crédito rural, espera-se que a TSB contribua para o aprimoramento do conjunto dos demais mecanismos de financiamento do setor rural, promovendo maior amplitude e eficácia na implementação de práticas sustentáveis no setor.

Embora tenha sido destacada até aqui a integração da TSB com o Planaveg e o crédito rural, é importante destacar que ela também se alinha

com outras iniciativas governamentais voltadas para a sustentabilidade no Brasil. Um exemplo disso é o Selo Verde, uma certificação ambiental em desenvolvimento pelo Ministério da Indústria, Comércio e Serviços (MIDIC), que visa promover a sustentabilidade nos processos produtivos.

Nas próximas etapas de expansão da TSB, é esperado que novas cadeias de valor sejam integradas de forma sistemática, com base nos avanços metodológicos e operacionais alcançados no desenvolvimento dos critérios técnicos para as cadeias selecionadas na fase inicial. Considerando-se as semelhanças das práticas sustentáveis de produção recomendadas para diferentes atividades de um mesmo grupo produtivo, será possível ampliar a TSB para outras atividades produtivas similares, com a inclusão apenas de especificidades técnicas de cada cultura agrícola, espécie animal, florestal, aquícola ou pesqueira. Assim, concluída a TSB para soja-milho, rapidamente será possível ampliá-la para outras culturas anuais, como feijão, algodão, arroz, sorgo, centeio e trigo.

As recomendações para o eucalipto poderão ser utilizadas como base para diversas outras atividades florestais. As práticas mais sustentáveis de manejo da bovinocultura de corte e leite a pasto servirá como base para os sistemas produtivos da caprinocultura e da ovinocultura. Outras espécies da produção pesqueira e da aquíicultura poderão ser incluídas com base nas recomendações técnicas da pesca do pirarucu e da produção aquícola da tilápia e do tambaqui. As práticas de produção sustentável do café ajudarão na elaboração da TSB para outras culturas permanentes, a exemplo da fruticultura.

Após a conclusão da TSB para mais atividades rurais, está previsto o desenvolvimento de critérios para avaliar o grau de sustentabilidade dos imóveis rurais, avaliando o conjunto das atividades produtivas, ambientais e sociais desenvolvidas no estabelecimento rural. Assim, uma vez

que um imóvel seja classificado como sustentável, qualquer financiamento a ele destinado, inclusive o crédito de custeio, será considerado como sustentável.

Portanto, o fortalecimento das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável torna-se essencial, sendo a TSB uma ferramenta estratégica para alinhar investimentos, orientar agentes econômicos e promover maior coerência na formulação e implementação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade. No campo das finanças, a TSB proporciona um marco técnico que auxilia os agentes financeiros na identificação e canalização de recursos para atividades alinhadas com metas ambientais, climáticas e sociais. Ademais, a TSB se insere em um esforço mais amplo de organizar o sistema financeiro nacional em torno de critérios ASG (ambientais, sociais e de governança), promovendo a integração entre a política agrícola e os objetivos climáticos.

A aplicação da TSB pode ainda extrapolar o campo das políticas públicas e alcançar o sistema financeiro regulado. No futuro, sua adoção nos requisitos de capital prudencial dos bancos poderá reduzir o fator de risco de ativos com impacto ambiental positivo, como no caso de projetos de infraestrutura verde. Essa abordagem, ao reconhecer a menor exposição ao risco de atividades sustentáveis, pode torná-las mais atrativas aos olhos do mercado financeiro. De forma complementar, empresas e produtores poderão utilizar a TSB como guia para suas estratégias de sustentabilidade, qualificando-se para acesso a instrumentos financeiros verdes (Shamloo, 2022).

Por fim, a consolidação da TSB como ferramenta para a formulação e aprimoramento das políticas públicas exigirá um esforço contínuo de governança, atualização técnica e articulação interinstitucional.

Considerações finais

A integração da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) para o setor rural com políticas públicas voltadas para a sustentabilidade poderá se tornar uma estratégia eficaz para promover práticas e atividades mais sustentáveis. A interação da TSB com o Planaveg e o crédito rural reforça a importância de uma abordagem coordenada e integrada, capaz de maximizar os impactos ambientais, climáticos e socioeconômicos positivos. Embora as bases já estejam sendo lançadas, o aprimoramento contínuo da TSB, com a inclusão de novas cadeias de valor e o desenvolvimento de critérios mais abrangentes (imóvel), será fundamental para consolidar a adoção de práticas e sistemas cada vez mais sustentáveis no meio rural. A colaboração entre os diferentes atores e a governança interinstitucional será essencial para garantir que as políticas públicas estejam alinhadas com os desafios e as oportunidades do futuro, promovendo a transição para uma agricultura mais sustentável e resiliente.

Referências

- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução BCB nº 140, de 15 de setembro de 2021. Dispõe sobre a criação da Seção 9 (Impedimentos Sociais, Ambientais e Climáticos) no Capítulo 2 (Condições Básicas) do Manual de Crédito Rural (MCR). **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 43, 15 set. 2021.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 2.191, de 24 agosto de 1995 (Revogado). Crédito Rural - Institui o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). **Diário Oficial da União**: seção 1, 25 ago. 1995. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibenormativo?tipo=Resolu%C3%A7%C3%A3o&numero=2191>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 3.545, de 29 de fevereiro de 2008. Dispõe sobre a regulamentação do crédito rural, condicionando sua concessão à regularidade ambiental dos imóveis rurais. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 10, 29 fev. 2008.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 3.876, de 22 de junho de 2010. Veda a concessão de crédito rural para pessoas físicas ou jurídicas que estão inscritas no Cadastro de Empregadores que mantiveram trabalhadores em condições análogas à de escravo instituído pelo Ministério do Trabalho e Emprego. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 34, 23 jun. 2010b.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 3.896, de 17 de agosto de 2010. Institui, no âmbito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 24, 18 ago. 2010a.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.081, de 29 de junho de 2023. Ajusta as normas referentes a impedimentos sociais, ambientais e climáticos para a concessão de crédito rural. **Diário Oficial da União**: seção 1, 30 jun. 2023a.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.102, de 24 de agosto de 2023. Ajusta normas do Manual de Crédito Rural (MCR). **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 95, 25 ago. 2023b.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.152, de 3 de julho de 2024. Ajusta normas na Seção 2 (Créditos de Custeio) do Capítulo 3 (Operações) do Manual de Crédito Rural – MCR. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 70, 4 jul. 2024a.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.193, de 19 de dezembro de 2024. Altera normas da Seção 9 (Impedimentos Sociais, Ambientais e Climáticos) do Capítulo 2 (Condições Básicas) do Manual de Crédito Rural – MCR. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 90, 23 dez. 2024b.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro – SICOR**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/sicor>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Matriz de Dados do Crédito Rural - Crédito Concedido**. 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BITTENCOURT, G. A. **Abrindo a caixa preta: o financiamento da agricultura familiar no Brasil**. 2003. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BRASIL. Decreto nº 11.961, de 22 de março de 2024. Institui o Comitê Interinstitucional da Taxonomia Sustentável Brasileira. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 58, p. 1, 25 mar. 2024c.
- BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 6, 11 jul. 2002.
- BRASIL. Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003. Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições

Constitucionais Transitórias. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 4, 21 nov. 2003.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 4, 10 dez. 2010.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de outubro de 2017. Institui a Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 7, 24 jan. 2017.

BRASIL. Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris, sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 3, 6 jun. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 109, 29 dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 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. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1, 28 maio 2012b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965. Institucionaliza o crédito rural. **Diário Oficial da União,** p. 11456, 9 nov. 1965.

BRASIL. Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 13177, 21 dez. 1973.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1330, 18 jan. 1991.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1, 19 jul. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.** Brasília, DF: Mapa, 2012c. 172 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc->

[abcmais/publicacoes/download.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/download.pdf). Acesso em: 13 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira.** Brasília, DF, 2024a. <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira>

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Caderno 2.1 – CNAE A: Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura.** Brasília, DF, 2024d. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/tsb-cnae-a1>. Acesso em: 14 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Novo Brasil: Plano de Transformação Ecológica: uma nova economia: um novo futuro.** Brasília, DF, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica-novo-brasil>. Acesso em: 14 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) 2025-2028.** Brasília, DF, 2024e. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg/planaveg_2025-2028_2dez2024.pdf. Acesso em: 14 mar. 2025.

DAHL, R. Green Washing: Do you know what you're buying? **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 6, p. A246-A252, 2010. Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.118-a246>. Acesso em: 12 abr. 2025.

FOLEY, J. A.; DeFRIES, R.; ASNER, G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBIS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T. H.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.111177>.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. Â. C. de; SILVA, A. P. M. da; LUEDENMANN, G. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios.** Brasília, DF: Rio de Janeiro: Ipea, 2012. 46 p. (Texto para discussão, 1782) Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1050>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SHAMLOO, A. **The EU sustainability taxonomy: a public policy process analysis and historical overview.** 2022. Dissertação (Bacharelado em Sustainable Energy Transition) – Uppsala Universitet, Suécia.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **The future we want.** 2012. Disponível em: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N12/381/64/PDF/N1238164.pdf?OpenElement>. Acesso em: 2 mar. 2025.





Capítulo 4

Embrapa na construção da Taxonomia Sustentável Brasileira

Trajetória, procedimentos e construção de um processo complexo

Danielle Alencar Parente Torres | Otávio Valentim Balsadi |
Antonio Flavio Dias Avila | Jamil Macedo | Aryeverton Fortes de Oliveira

Introdução

A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) é uma das linhas de ação do Plano de Transformação Ecológica do Ministério da Fazenda (MF), dentro do eixo finanças sustentáveis. Tal plano definiu como transformação ecológica a mudança de paradigma cultural, político e econômico da organização social da produção baseada nos biomas, em prol de relações sustentáveis com os territórios e a natureza, gerando melhor qualidade de vida para suas populações.

As bases para a elaboração de uma taxonomia das finanças sustentáveis para o Brasil foram estabelecidas num plano de ação lançado pelo MF, em dezembro de 2023. Esse Plano de Ação da Taxonomia Brasileira Sustentável (Brasil, 2024) estabeleceu um itinerário a ser construído co-

letivamente pela sociedade do País, em prol do desenvolvimento ambientalmente inclusivo e socialmente sustentável. Nesse contexto, a TSB deverá servir como um instrumento central para mobilizar e redirecionar os fluxos de capitais para os investimentos necessários para o enfrentamento à crise climática, ambiental e social.

Espera-se por meio da implementação da TSB contribuir para que o Brasil alcance seus compromissos nacionais e internacionais, em especial, aqueles relacionados aos objetivos ambientais e climáticos:

- 1) Mitigação da mudança do clima.
- 2) Adaptação às mudanças climáticas.
- 3) Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas.

- 4) Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas.
- 5) Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos.
- 6) Transição para economia circular.
- 7) Prevenção e controle de contaminação.

Da mesma forma, a TSB deverá contribuir para o alcance de objetivos econômicos do País, quais sejam:

- 1) Geração de trabalho decente e elevação da renda.
- 2) Redução das desigualdades socioeconômicas, considerando aspectos raciais e de gênero.
- 3) Redução das desigualdades regionais e territoriais do País.
- 4) Promoção da qualidade de vida, com ampliação do acesso a serviços sociais básicos.

A existência de uma taxonomia — já elaborada em alguns países latino-americanos, como Colômbia (Colômbia, 2024) e México (México, 2023), e já regulamentada e implantada na Comunidade Econômica Europeia (União Europeia, 2020) — consiste em dispor no País de um sistema de classificação que define, de maneira objetiva e com base científica, atividades, ativos e/ou categorias de projetos que contribuem para objetivos climáticos, ambientais e/ou sociais, por meio de critérios específicos, com base na ciência. Em síntese, uma taxonomia deverá fornecer uma terminologia comum às empresas, instituições financeiras, investidores, reguladores, governos e outras partes interessadas, coordenando decisões de investimento e a criação de políticas públicas.

Na primeira versão da TSB, publicada pelo governo federal em agosto de 2025, foram priorizados os seguintes objetivos climáticos, ambientais e sociais: (1) Mitigação da mudança do clima; (2) Adaptação às mudanças climáticas; (4)

Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas; (9) Redução da desigualdade socioeconômica, considerando aspectos raciais e de gênero; e (10) Redução das desigualdades regionais e territoriais do País.

Com o objetivo de estabelecer as diretrizes para o desenvolvimento da TSB, sob a coordenação do MF, foram estabelecidos oito grupos técnicos setoriais, seguindo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE):

- 1) Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (A).
- 2) Indústrias extrativas (B).
- 3) Indústria de transformação (C).
- 4) Eletricidade e gás (D).
- 5) Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação (E).
- 6) Construção (F).
- 7) Transporte, armazenagem e correio (H).
- 8) Serviços sociais para qualidade de vida e planejamento.

Além dos grupos técnicos, foram formados dois grupos temáticos: a) enfrentamento das desigualdades; e b) monitoramento, relato e verificação das finanças sustentáveis.

No processo de construção da TSB, o MF contou com a participação de 22 ministérios, quatro instituições do sistema financeiro e 18 representantes da sociedade civil, que compõem um conselho consultivo.

Neste capítulo serão delineadas as principais etapas da participação da Embrapa na construção da TSB, a quem coube a liderança do Grupo Técnico Setorial Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura (A).

O trabalho da Embrapa foi desenvolvido no período compreendido entre fevereiro de 2024 e junho de 2025. Nesta introdução, apresenta-se brevemente o contexto em que está inserida a

TSB. Na segunda seção, detalham-se a articulação e as primeiras interações entre a Embrapa e o MF, para, em seguida, na terceira seção, descrever-se a governança da TSB. Na quarta seção, apresentam-se o instrumento de coleta de informações e as variáveis levantadas, que foram para a consulta pública em novembro de 2024.

Pré-instalação dos grupos de trabalho da Embrapa

A Embrapa, por meio de sua Assessoria de Relações com o Poder Executivo (Apac-EX), foi procurada pelo MF com o intuito de buscar uma parceria, visando ao apoio técnico-científico para o desenvolvimento da TSB, mais especificamente para a CNAE A. Como primeiro passo, foi feita uma oficina de trabalho, em fevereiro de 2024, onde os responsáveis pela TSB apresentaram a taxonomia, seu contexto, e um panorama das taxonomias em outros países.

Além da Diretoria-Executiva, secretários do MF e colegas da Embrapa, a oficina contou com a participação de representantes dos ministérios da Agricultura e Pecuária (Mapa), Pesca e Aquicultura (MPA), Desenvolvimento Agrário (MDA), Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e Relações Exteriores (MRE). Também havia representantes do Banco Central e de instituições internacionais no Brasil, como a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). Na ocasião, também foram apresentadas iniciativas da Embrapa de apoio às políticas públicas, como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc).

Na oportunidade, discutiu-se que, para a construção da TSB, deveriam ser utilizadas como referências metodológicas as taxonomias da Colômbia e do México, que introduziram critérios e uma lista de atividades prioritárias para o setor. No caso do Brasil, além do foco em projetos para atividades agropecuárias específicas

— como proposta utilizada em outros países e regiões —, o desenvolvimento da TSB deverá, futuramente, ter foco também no estabelecimento rural (propriedade).

Nessa mesma oficina, foram levantados também alguns desafios, sendo eles: a) alinhar os critérios da TSB aos compromissos internacionais; b) garantir a proporcionalidade entre os setores; c) levar em consideração que o setor agrícola demanda estratégias de transição (reconhecendo as diferenças regionais e por biomas); d) não aumentar demasiadamente o custo aos agricultores à medida que se passar a exigir a certificação; e) definir um método para estabelecimento da TSB; f) determinar percentual mínimo de uso das tecnologias e/ou práticas sustentáveis como critérios de sustentabilidade, entre outros.

Em seguida, foram discutidas iniciativas existentes na Embrapa que poderiam ajudar na discussão do CNAE A da TSB:

- BioAS – Tecnologia de Bioanálise de Solo, exemplo de tecnologia mais sustentável que agrega o componente biológico às análises de rotina de solos.
- Foi identificada possível convergência entre o grupo técnico CNAE A da TSB com o Grupo de Trabalho (GT) Carbono da Embrapa. Um dos objetivos desse GT é promover a harmonização dos conceitos, métricas, indicadores, bases de dados e ferramental. Como resultado do GT, ficou definido que mais de 50 especialistas de várias Unidades Descentralizadas (UDs) da Embrapa vão reunir suas expertises para a criação de uma plataforma com dados, funcionalidades e métricas sobre balanço de carbono adaptados aos sistemas agrícolas brasileiros. Essa fonte de informação poderá vir a ser utilizada na implementação da TSB.
- O Zoneamento Agrícola do Risco Climático (Zarc) é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. O Zarc é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos

adversos, permitindo a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e tipos de cultivares. Esse instrumento deverá entrar, quando possível, como salvaguarda na TSB.

- O Plano ABC pode ser utilizado como referência, já que também indica um conjunto de tecnologias e práticas sustentáveis na agricultura brasileira.

Por fim, na oficina foram determinados os critérios iniciais para a escolha das primeiras atividades a serem contempladas na TSB do setor da CNAE A, sendo eles: participação da atividade no valor bruto da produção e na utilização de crédito rural, com possibilidade de utilização da experiência para outras atividades nas próximas rodadas da TSB. Ao final, foram definidas cinco atividades para serem realizados estudos e análises pela Embrapa: binômio soja-milho, café, eucalipto, sistemas a pasto — considerando gado de corte e leite — e aquicultura, com um foco inicial em tilápia e tambaqui, destacando-se o fato de que a TSB será uma das primeiras taxonomias a considerar a aquicultura no seu escopo de atividades.

Governança da Taxonomia Sustentável Brasileira no âmbito da Embrapa

Para uma melhor organização, andamento e facilitação dos trabalhos, definiu-se, no âmbito interno da Embrapa, uma governança da TSB, conforme a Figura 4.1.

Dentro do Grupo Técnico do Setor CNAE A, há uma coordenação dos ministérios que acompanha as discussões, sugere e valida os resultados técnicos, ficando o Comitê Gestor da Embrapa como um interlocutor entre os coordenadores do grupo técnico CNAE A e os grupos de trabalho (GTs) da Embrapa, que ficaram dedicados às

questões técnicas relativas a cada uma das atividades selecionadas.

O Comitê Gestor também está mais próximo das consultorias Campo¹, CBI e a GIZ para as discussões mais gerais de ferramentas, padronização dos trabalhos, cronogramas e encaminhamentos necessários. Esse comitê é composto por colegas das áreas de estratégia, de relacionamento com o Poder Executivo, de relações internacionais, de assessoria das diretorias de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e de Inovação, Negócios e Transferência de Tecnologia, e de um colega da Embrapa Agricultura Digital. O Comitê Gestor teve como atividades principais:

- Coordenar, direta e conjuntamente com a Diretoria-Executiva, a execução do acordo de cooperação técnica com o MF.
- Providenciar os trâmites burocráticos para a boa execução do projeto (assinatura de acordo de cooperação, publicação em Boletim de Comunicações Administrativas (BCA), articulação com as chefias das UD's para alocação de equipe, etc.).
- Organizar e coordenar os trabalhos a serem realizados no âmbito dos GTs e com as consultorias.
- Coordenar e articular os trabalhos e as entregas de resultados dos subgrupos de trabalho (Comitê Técnico).
- Apoiar o Comitê Técnico para a boa execução de suas atribuições.

Apartir da oficina realizada em fevereiro de 2024, os pontos focais das UD's da Embrapa que participaram da oficina e que trabalham com os produtos/cadeias foram mobilizados para definirem

¹ A Campo – Companhia de Promoção Agrícola (CPA) foi contratada, por meio de licitação, pela Agência de Cooperação Alemã para o Desenvolvimento (GIZ) para apoiar tecnicamente os trabalhos do GT Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura (CNAE A), bem como apoiar a preparação das contribuições da equipe de especialistas da Embrapa no âmbito do referido GT, por meio dos consultores Flavio Avila e Jamil Macedo.

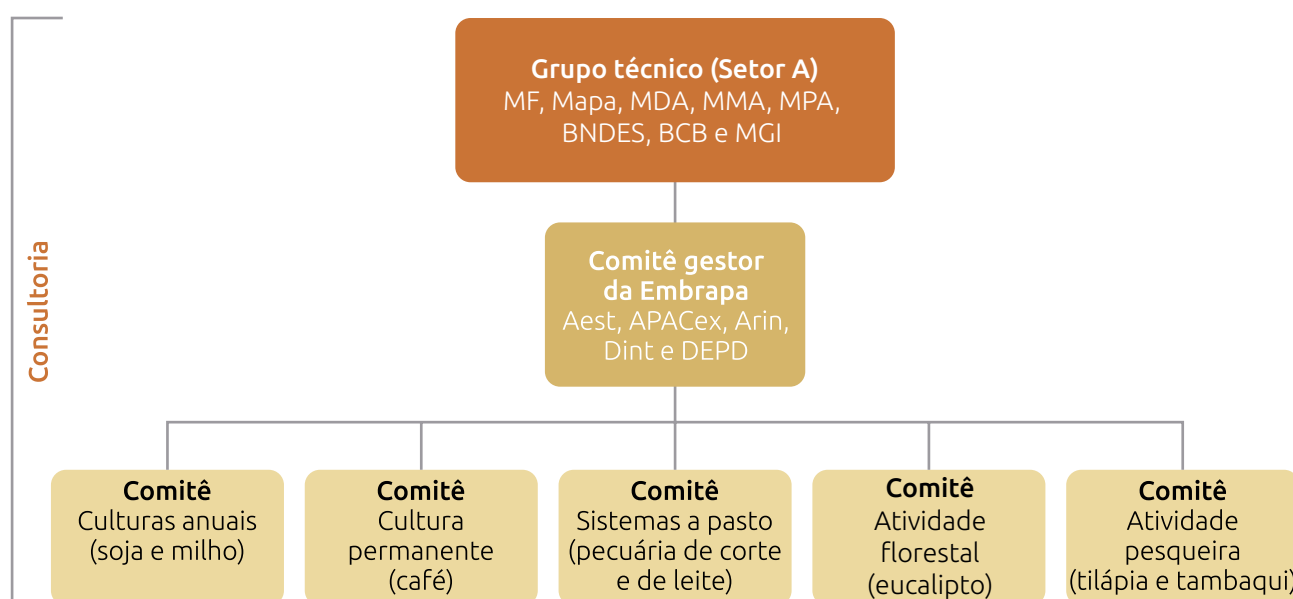


Figura 4.1. Governança da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) na Embrapa.

GTs com membros de diferentes UD e expertises, sendo definido um GT Embrapa para cada atividade. Na Figura 4.2 apresentam-se todos os grupos da Embrapa e seus participantes.

Por sua vez, na Figura 4.3, mostra-se a composição dos participantes de cada um dos GTs, considerando a região da UD da Embrapa.

Como ponto de partida, definiram-se as seguintes atribuições aos GTs:

- Identificar práticas e tecnologias sustentáveis para atividades agrícolas, pecuárias, florestal, pesca e aquicultura.
- Identificar práticas que aumentam os benefícios ambientais e produtivos, e que possam ser introduzidas de forma geral em todas as atividades de uso da terra.
- Propor a construção de um modelo de transição, elencando quais seriam as práticas básicas,

Governança para a Embrapa				
Comitê gestor				
Petula Ponciano, Eduardo Matos, Danielle Torres, Otávio Balsadi, Gustavo Mozzer, Ary de Oliveira, Rodolfo Osório, Samuel Telhado				
Culturas anuais (soja e milho)	Culturas permanentes (café)	Sistemas a pasto (pecuária de corte e de leite)	Atividade florestal (eucalipto)	Atividade pesqueira (tilápia e tambaqui)
Júlio Reis José Renato Farias Alvadi Balbinot Henrique Debiasi Miguel Gontijo Alexandre Ferreira Arystides Resende	Omar Cruz Rocha Rogério Novais Paulo César Adriano Veiga Rogério Faria Vieira	Patrícia Santos Sérgio Raposo Sandra Santos Wesnecslau Teixeira Francisco de Brito Milena Ambrosio Daniel Vieira Rafael Tonucci Mariana Aragão	Edina Moresco Alisson Moura Hélio Tonini José Mauro Magalhães Josléia Zanata Karina Pulrolnik	Danielle de Bem Janaina Kimpara Viviane Verdolin Andrea Muñoz Roger Crescencio Sandro Loris Júlio Queiroz

Figura 4.2. Participantes dos grupos de trabalho da Embrapa.

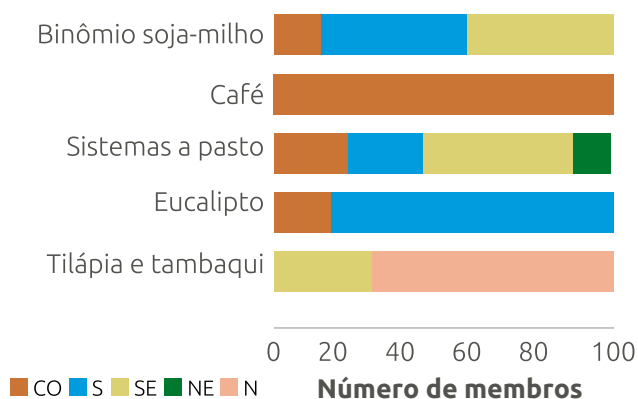


Figura 4.3. Localização dos membros participantes do grupo de trabalho (GT) por região.

intermediárias e avançadas dos projetos aptos a financiamento.

- Sugerir metodologia para analisar a sustentabilidade no âmbito das propriedades ou atividades.

Processo de construção

Para dar início aos trabalhos, bem como melhor entendimento das informações necessárias para a construção da TSB, primeiramente foram feitas reuniões com os coordenadores/pontos focais e, posteriormente, reuniões separadas do Comitê Gestor com cada um dos grupos e seus membros. Para definições mais técnicas e específicas de cada produto/cultura, os grupos reuniram-se separadamente. A partir da contratação da consultoria Campo, os consultores também passaram a participar das diferentes reuniões. Os coordenadores dos GTs da Embrapa também, sempre que possível, participaram das reuniões semanais do GT CNAE A.

Após as primeiras rodadas de reuniões para entendimento da TSB, os membros dos GTs sentiram a necessidade de um instrumento para o levantamento das informações. A partir dos documentos apresentados na oficina de fevereiro de 2024, de outros disponibilizados no drive do GT TSB do MF, dos documentos referentes às taxonomias mexicana e colombiana, alguns itens foram organizados em formato de planilha. Essa

planilha, por sua vez, foi validada com o MF e com os consultores. A partir dessa validação, os membros começaram o preenchimento.

Nesse processo, é importante destacar que:

- Procurou-se utilizar as mesmas terminologias que apareceram nas taxonomias de México e Colômbia, seguindo as orientações de interoperabilidade, sempre que possível, mas também foram incluídos alguns itens que os participantes da Embrapa consideram como importantes e que mostram o avanço do setor agropecuário brasileiro na direção de tornar-se cada vez mais sustentável.
- Procurou-se orientar que as práticas definidas nos estudos fossem apresentadas em uma ordem de como elas ocorrem no processo de produção.
- Há necessidade de ligar as atividades à CNAE correspondente. Exemplo: café, código CNAE 0134-2/00, Cultivo de soja, código CNAE 0115-6/00, Cultivo de milho, código CNAE 0111-3/02.
- Há necessidade de se considerar que uma prática dentro de uma atividade do setor, que contribui para um dos objetivos da TSB, não pode prejudicar significativamente (NPS) os demais objetivos da TSB. Isso significa que uma atividade que gere impacto positivo para um objetivo da TSB, mas também negativo em algum outro(s) objetivo(s), não poderá receber uma classificação de sustentável.

Somente seriam incluídas as práticas consideradas sustentáveis a partir de evidências técnico-científicas já comprovadas por estudos referenciais no tema. Após as rodadas de sugestões e validação, os itens considerados para o levantamento de informações iniciais nas planilhas e seus detalhamentos foram os seguintes:

Título da prática: no primeiro item de identificação da prática, a sugestão é que o item fosse mais curto, considerando-se os termos mais utilizados. Exemplo: Sistema Plantio Direto (SPD).

- **Componentes:** uma prática, em geral, possui alguns componentes, por exemplo, o plantio direto possui os componentes: rotação de culturas, manutenção de palhada e ausência de revolvimento da terra. Muitas vezes em determinada prática, o produtor consegue executar todos os seus componentes, mas em outros casos não. A ideia é que a TSB possa ser uma alternativa para financiamentos que induzam e facilitem a adoção do maior número de práticas e componentes possíveis, dentro da ótica da produção sustentável.

Descrição da prática: nesse item faz-se uma descrição sucinta da prática, mas que permita uma compreensão de como a prática ajuda a aumentar a sustentabilidade.

Itens ou equipamentos necessários para a implementação das práticas sustentáveis: item em que os principais componentes da prática são destacados e, a partir desse item, é possível definir/identificar os insumos/serviços elegíveis para crédito. Exemplos: máquinas e implementos, sementes certificadas, bioinsumos.

Obrigatória ou opcional: essa coluna foi incluída para permitir que se identifique, por exemplo, que se a não execução de um componente de uma prática inviabiliza a sustentabilidade dessa prática, e, quando for esse o caso, passa a ser considerado obrigatório.

Região/Bioma/Especificidade geográfica: caso a prática tenha especificidades regionais/geográficas, apontar nessa coluna da planilha.

Nível da prática: o item permite identificar aquelas práticas esperadas por todos os tipos de produtores, independentemente de tamanho e/ou nível tecnológico. Pretende-se aqui incentivar que os diferentes tipos de produtores passem a ser cada vez mais sustentáveis, de acordo com a sua situação de adoção de tecnologias. É aqui que se pretende implementar o conceito de práticas de transição, ou seja, nem sempre é possível passar diretamente para um nível avançado e, de

acordo com as condições do produtor, pretende-se incentivar esse caminho. Ao mesmo tempo, para algumas culturas e tipos de produtores não faz sentido disponibilizar crédito mais barato para que eles adotem práticas básicas, já executadas há tempos. Nesse item, para cada componente e prática serão apontados se são considerados: básicos, intermediários ou avançado.

Métricas: esse item foi colocado para que sejam identificadas as métricas que permitem comprovar que determinada prática contribui para um objetivo da TSB. Abriu-se a possibilidade para definição de métricas nos três pilares da sustentabilidade. Para cada uma delas, pediu-se, se possível, identificar um indicador, sua unidade de medida e um intervalo no qual o indicador é considerado sustentável:

- Métricas relacionadas à produção econômica.
- Métricas relacionadas ao meio ambiente.
- Métricas sociais.

Alinhamento ao(s) objetivo(s) da TSB: nesse campo aponta-se se a prática contribui para um ou mais objetivos da TSB.

Forma de monitoramento: espaço para que seja identificado/sugerido alguma forma de monitoramento, seja mais agregado, como o uso de imagens de satélite, ou mais direcionado, como notas fiscais que comprovem a compra de insumos mais sustentáveis, entre outros.

Crítérios classificatórios específicos: dependendo do estudo de caso, pode ser que haja algum critério classificatório específico. Essa coluna foi colocada para que esses casos sejam indicados.

Possíveis impactos: no momento da construção da TSB, é importante já identificar os futuros possíveis impactos e de que tipo(s) (social, econômico, ambiental), pois essa informação pode contribuir no acompanhamento das melhorias em direção à sustentabilidade e, após alguns anos, mensurar seu impacto.

Referência científica: uma das premissas da TSB é que as definições/recomendações de práticas sejam baseadas em ciência e validadas em referências conhecidas e publicadas.

Após o primeiro preenchimento de informações, foram feitas duas rodadas de interação, por GT da Embrapa, com o MF e consultorias, sendo, na primeira, o momento em que o MF apresentava suas considerações/sugestões e, na segunda, os participantes traziam as modificações possíveis. Após essas duas rodadas, as consultorias e o Comitê Gestor da TSB fizeram um recorte das variáveis descritas anteriormente e definiram aquelas que iriam para a consulta pública: Título da prática – Componente da prática – Descrição – Itens elegíveis – Indicadores de implementação (monitoramento) – Referência científica.

Vale salientar que o tempo para a elaboração das planilhas para cada atividade foi bastante curto. Toda a definição do instrumento comum de coleta de informações, as primeiras versões das planilhas preenchidas, as reuniões de concertação e de ajustes com o MF e consultorias, e a elaboração da versão das planilhas que foram para consulta pública, todo esse processo colaborativo, complexo e intenso foi feito entre setembro e novembro de 2024.

Logo após a entrada da TSB em consulta pública, em meados de novembro de 2024, o Comitê Gestor do Setor CNAE A também fez uma série de sugestões de melhorias e a Consultoria Climate Bonds Initiative (CBI) também fez uma rodada de reuniões com os grupos de trabalho apresentando alguns conceitos importantes para serem utilizados como base para a análise dos comentários provenientes da consulta pública.

Na apresentação da CBI, foram colocados os três principais pontos de atenção. O primeiro ponto diz respeito aos requisitos de elegibilidade, ou seja, a prática precisaria estar ligada a um objetivo da TSB, sendo que nessa primeira fase os objetivos ambientais considerados foram: mitigação

da mudança climática; adaptação da mudança climática e conservação, gestão sustentável e uso do solo e das florestas. O segundo ponto são as condições de elegibilidade, que são: base científica, princípio da interoperabilidade, alinhamento às práticas e metas internacionalmente reconhecidas e alinhamento às estratégias nacionais de desenvolvimento. Por fim, como terceiro ponto, também precisa ser considerado o quesito de não prejudicar significativamente (NPS), que garante que as atividades econômicas que contribuem substancialmente para um dos objetivos não causem danos significativos aos outros objetivos definidos na TSB. Com os novos insumos aportados, foi feita uma revisão do que já havia sido feito e decidiu-se que, para a segunda etapa da Consulta Pública (12/3/2025 a 31/3/2025), haveria duas mudanças nas planilhas. A primeira mudança seria incluir a coluna que faz a ligação da prática com um ou mais objetivos da TSB, e a segunda foi revisar os indicadores de implementação/monitoramento. Além dessas duas etapas de trabalho, ou seja, a primeira versão para consulta pública, uma segunda versão contemplando as sugestões do Comitê Gestor, previu-se uma terceira versão que incorporaria as sugestões da consulta pública, bem como novas sugestões do Comitê Gestor e do MF.

Para essa última etapa também foram feitas novamente duas rodadas de interação, sendo a primeira para apresentar as sugestões aos GTs e uma segunda que seria uma devolutiva para os GTs. Essa etapa foi realizada nos meses de abril e maio de 2025.

Após essa entrega, como parte importante da TSB oficialmente aprovada pelo governo federal em setembro de 2025, encerrou-se esse primeiro ciclo da importante participação da Embrapa nesse processo. Novos desafios certamente virão, haja vista que, após sua implementação, a TSB deverá incorporar, paulatinamente, novas atividades, de forma a se ter mais representatividade no conjunto de cultivos e criações que fazem parte da agricultura brasileira.

Considerações finais

Nessa construção inicial da TSB, encerra-se este capítulo destacando-se alguns pontos que melhoram o entendimento da etapa atual, evidenciando os aspectos positivos e o caminho ainda a ser percorrido.

Como a TSB é uma ferramenta nova, ainda que o Brasil, o governo e as instituições financeiras tenham experiência com o crédito rural, várias dúvidas surgiram entre os especialistas. Entre elas, destacam-se inicialmente a dificuldade em fazer esse alinhamento entre a prática e os itens elegíveis para financiamento. Ou seja, precisa-se de uma lista de itens? Deve-se ser mais genérico? É possível trabalhar apenas com a prática de uma cultura? Num país em que tem se pensado muito mais em sistemas de produção do que em uma cultura apenas e que, além disso, em muitos casos são necessárias várias práticas para que uma produção possa ser rotulada de sustentável, todas essas questões surgiram e muitas delas provavelmente só poderão ser respondidas no momento de implementação da TSB.

Apesar das dúvidas, uma das respostas que sempre foi dada aos diferentes interlocutores é que se está num momento de aprendizado, por isso, foram selecionadas poucas culturas, com maior tradição de crédito e que seja mais fácil de ir diminuindo dúvidas e aperfeiçoando o instrumento. Reforça-se ainda que só foi possível avançar ainda sem as respostas definitivas, dadas as discussões realizadas e o engajamento de todos os participantes, sejam os membros especialistas de cada cultura/produto/cadeia da Embrapa, sejam os membros do MF, das consultorias Campo, CBI, das instituições que estão apoiando GIZ e Pnuma, e os demais colegas coordenadores do GT CNAE A.

Para esse começo de construção, que precisou ser agilizado, dados os compromissos do Brasil, em especial com a realização da *COP30*, no final do ano, o saldo é bastante positivo em termos de aprendizados. Existem questões ainda em aberto e demandas públicas ainda não atendidas, como a ampliação das cadeias, mas elas estarão de certa forma guiando os próximos passos da nova TSB. Nesse processo, um bom e importante exemplo foi a interação entre diferentes atores que participaram desde 2024.

Para as próximas etapas, espera-se que novos produtos sejam incluídos, ao mesmo tempo que a implementação do que já foi feito estará ocorrendo. Também será necessário avançar com a TSB do nível de projeto para o nível de propriedade, o que será facilitado à medida que outras cadeias sejam incluídas. Portanto, há ainda um longo caminho a ser percorrido, mas esse início de construção já mostrou que, com engajamento e muita discussão, será possível avançar.

Referências

- BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- COLÔMBIA. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. **Taxonomía Verde de Colômbia**. Bogotá, 2024. Disponível em: <https://www.taxonomiaverde.gov.co>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- MÉXICO. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. **Taxonomía Sostenible de México**. Ciudad de México, 2023. 252 p. Disponível em: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/809773/Taxonom_a_Sostenible_de_M_xico_.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.
- UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2020/852 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de junho de 2020, relativo ao estabelecimento de um regime para a promoção do investimento sustentável, e que altera o Regulamento (UE) 2019/2088. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 198, p. 13-43, 22 jun. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852>. Acesso em: 30 jul. 2025.





Capítulo 5

Práticas sustentáveis para o binômio soja-milho

Julio Cesar dos Reis | Alexandre Ferreira da Silva | Alvadi Antonio Balbinot Junior |
Arystides Resende Silva | Henrique Debiasi | José Renato Bouças Farias |
Miguel Marques Gontijo Neto

Introdução

Para enfrentar os desafios ambientais e produtivos da agricultura moderna, torna-se essencial adotar práticas sustentáveis que incorporem a visão sistêmica da produção agrícola. Entre as estratégias adotadas, destacam-se aquelas que conciliam o aumento da produtividade agrícola com práticas sustentáveis, capazes de contribuir significativamente para a mitigação dos impactos ambientais, a adaptação e o fortalecimento da resiliência dos sistemas de produção diante das mudanças climáticas (FAO, 2022).

Ao se somar a esse cenário de desafios ambientais, há uma pressão crescente sobre os sistemas alimentares em decorrência do aumento populacional. De acordo com a Organização das Nações Unidas (2022), a população mundial deverá alcançar 9,7 bilhões de pessoas até 2050. Esse crescimento implicará uma demanda quase 50% maior por alimentos, fibras e energia em comparação com os níveis de 2012 (FAO, 2022). No entanto, essa ampliação da produção não poderá ocorrer com a expansão da área agrícola na mesma proporção. Para agravar, evidências científicas contemporâneas têm advertido para anomalias na temperatura e nos padrões

de precipitação, com consequências diretas nas atividades humanas e, especialmente, naquelas relacionadas à produção agrícola.

Pesquisas baseadas nos cenários de mudanças climáticas globais (MCG) mostram que estas afetam diretamente a agricultura e as áreas florestais brasileiras. Estimativas pertinentes indicam que a temperatura média do planeta poderá aumentar nos próximos anos, com implicações diretas em mudanças nos índices de risco que governam o desempenho das culturas de grãos, entre os quais se destacam a disponibilidade hídrica e a duração e intensidade dos períodos de estiagem. A alternativa viável é a intensificação sustentável dos sistemas agropecuários, adaptados e resilientes, com base em tecnologias que aumentem a eficiência do uso da terra, da água e dos insumos, sem comprometer os ecossistemas naturais, associada à universalização de tecnologias digitais que apoiem o monitoramento e a tomada de decisão no campo.

Esse cenário abre uma oportunidade única para o Brasil se consolidar como um dos principais fornecedores de alimentos, fibras e energia do planeta. O futuro aponta para um modelo de prosperidade baseado não apenas na produção

em larga escala, mas na liderança em tecnologias para uma produção agrícola responsável, combinando avanços nas áreas agrônoma, ambiental, biotecnológica e digital.

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira tem se consolidado como um dos pilares da economia nacional e como referência global em produtividade e sustentabilidade. O País passou de importador de alimentos nas décadas de 1970 e 1980 para um dos maiores produtores e exportadores mundiais de grãos, especialmente soja e milho. Esse crescimento, no entanto, não se baseou apenas na expansão de áreas cultivadas, mas principalmente em ganho expressivo de produtividade, impulsionado por inovações tecnológicas, políticas públicas e instrumentos financeiros que permitiram a modernização do setor.

A produção de grãos no Brasil era de cerca de 50 milhões de toneladas em 1980. Passou a 100 milhões de toneladas em 2011 (31 anos após), chegou a 200 milhões de toneladas em 2015 (35 anos depois) e chega a 310 milhões de toneladas em 2023 (43 anos depois). Em 30 anos, os ganhos de produtividade foram impressionantes, elevando a produção em 370% e a área em apenas 95% (Conab, 2025). Atualmente a soja e o milho representam aproximadamente 85% da produção total de grãos do País. A soja é geralmente cultivada como primeira safra (primavera/verão), sendo seguida pelo milho como segunda safra (outono/inverno) e, em alguns casos, pelo trigo como terceira safra. Paralelamente, 66,3% do território nacional permanece coberto por vegetação nativa, conforme dados da Embrapa Territorial (2020), o que evidencia o equilíbrio entre produção e conservação ambiental.

No caso da soja, cuja área na safra 2024/2025 teve expansão de 2,9% em relação à safra 2023/2024, passando de 46,15 milhões para 47,51 milhões de hectares, enquanto a produção cresceu 13,7%, saltando de 147,7 milhões

para 167,9 milhões de toneladas, a produtividade, por exemplo, passou de patamares abaixo de 2.000 kg/ha para mais de 3.500 kg/ha em 2020/2021. Se fosse mantida a mesma produtividade observada no início do cultivo de soja no Brasil, a área que seria necessária para obter a mesma produção na safra 2019/2020 seria 195% superior à área atual de cultivo. Nesses termos, o efeito poupa-terra em razão do aumento de produtividade de soja desde a década de 1960 foi de, aproximadamente, 71 milhões de hectares.

A dinâmica da produção de milho no Brasil também apresentou significativos avanços em termos de produtividade. Nas últimas três décadas, a produção nacional quadruplicou, ultrapassando pela primeira vez a marca de 100 milhões de toneladas. Esse crescimento foi impulsionado principalmente por aumentos de cultivo do milho segunda safra e de produtividade, e não pela expansão territorial. A área destinada para plantio do milho safra reduziu aproximadamente 7 milhões de hectares, enquanto a área destinada ao plantio do milho safrinha aumentou mais de 14 milhões de hectares. Dessa forma, o crescimento — mais de 200% na produção de milho — foi impulsionado, principalmente, pela produtividade e não pelo aumento de área. A produtividade média saltou de 1.841 kg/ha em 1989/1990 para 5.520 kg/ha em 2019/2020 — avanço de 200%. Nesse mesmo período, a área plantada aumentou de 12,1 milhões para 18,5 milhões de hectares, elevação de 53%. Para ilustrar o impacto desse salto tecnológico, basta considerar que, se o Brasil ainda operasse com a produtividade de 1989/1990, seriam necessários 55,5 milhões de hectares para alcançar a produção de milho registrada em 2019/2020. Assim sendo, os avanços tecnológicos permitiram uma economia de aproximadamente 37 milhões de hectares, reafirmando a importância do uso eficiente da terra como estratégia de preservação ambiental. Esse desempenho reforça a importância da chamada expansão

vertical da produção agrícola — ou seja, o aumento da produtividade e a intensificação do uso das áreas já cultivadas, permitindo múltiplos cultivos no mesmo ciclo agrícola, sem necessidade de abrir novas fronteiras agrícolas.

Esse expressivo desempenho em termos de produtividade é fundamental para explicar o papel estratégico que essas culturas desempenham no fortalecimento da economia brasileira, consolidando-se como um dos principais pilares do agronegócio nacional, especialmente para a parcela da produção que é destinada para a exportação, além de servir de base indispensável para o desenvolvimento de outras importantes cadeias agrícolas brasileiras relacionadas à produção de proteína animal (carnes suína, bovina, de aves e peixes, além de ovos e leite). Juntas, essas culturas representam aproximadamente 34% do valor bruto da produção (VBP) agropecuário brasileiro (Brasil, 2025), impulsionando o crescimento do produto interno bruto (PIB) do setor primário e contribuindo significativamente para o superávit da balança comercial brasileira. Em 2023, a soja alcançou um VBP de R\$ 265,9 bilhões, enquanto o milho somou R\$ 125,5 bilhões (Brasil, 2025).

Sem sombra de dúvidas, o grande diferencial da agricultura brasileira, e em especial, para a produção de grãos, tem sido a incorporação de tecnologias no campo. Práticas como o Sistema Plantio Direto (SPD), a fixação biológica de nitrogênio (FBN), o uso de sementes melhoradas, a agricultura de precisão, a diversificação de cultivos, os bioinsumos, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) e a crescente automação e digitalização no campo tornaram a produção mais eficiente e menos dependente de insumos agressivos ao meio ambiente. Além disso, sistemas integrados como integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) promovem uso intensivo e sustentável do solo, elevando a produtividade e melhorando a resiliência dos agroecossistemas.

Assim, não obstante os avanços ocorridos na agricultura até o momento, o Brasil tem condições de ir além de seu papel tradicional como celeiro de commodities agrícolas e se afirmar como fonte estratégica de soluções agroambientais para o mundo.

A modernização e o avanço da agricultura brasileira nas últimas décadas foram impulsionados não apenas por inovações tecnológicas, mas também por políticas públicas e instrumentos financeiros que possibilitaram sua implementação em larga escala. Entre esses instrumentos, o acesso ao crédito rural e ao financiamento agrícola ocupa uma posição central, sendo fator determinante para que produtores de diferentes perfis possam adotar práticas mais produtivas, sustentáveis e resilientes, uma vez que a adoção de tecnologias modernas no campo demanda investimentos.

Sem apoio financeiro adequado, muitos pequenos e médios produtores, que representam grande parte da produção nacional, ficam impossibilitados de acessar essas soluções, perpetuando um ciclo de baixa produtividade, vulnerabilidade climática e dificuldades de inserção em cadeias de valor mais exigentes. Nesse sentido, o crédito agrícola não deve ser visto apenas como uma ferramenta de custeio da produção, mas como instrumento estratégico de desenvolvimento tecnológico e social no meio rural. Programas como o Plano Safra, o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC+), o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o InovAgro (Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária) são exemplos de políticas públicas que conectam financiamento agrícola com transformação produtiva e ambiental.

Além disso, o crédito bem direcionado potencializa o acesso dos produtores aos mercados mais exigentes, que cada vez mais demandam rastreabilidade, certificações socioambientais e adoção de boas práticas agrícolas. Esse é um

ponto crucial para que o Brasil consolide sua posição como líder em produção agroambiental, não apenas em volume, mas também em valor agregado e reputação internacional.

É fundamental, porém, que esse financiamento seja acessível, desburocratizado e compatível com as realidades regionais. Modelos financeiros mais inclusivos e inovadores podem ajudar a ampliar o alcance do financiamento, sobretudo entre os agricultores familiares e produtores que operam fora dos grandes polos do agronegócio.

Em síntese, sem financiamento, não há inovação no campo em escala. E sem inovação, a agricultura não conseguirá responder aos desafios globais de segurança alimentar, mudança climática e uso sustentável da terra. Portanto, fortalecer as políticas de crédito e ampliar o acesso ao financiamento agrícola são medidas indispensáveis para acelerar a transição rumo a uma agricultura mais produtiva, inclusiva e sustentável no Brasil e no mundo.

Nesse cenário, uma taxonomia financeira sustentável pode ser um instrumento central para mobilizar e redirecionar fluxos de capital para investimentos cruciais no enfrentamento dos desafios atuais dos sistemas de produção agropecuários. Esse instrumento consiste em um sistema de classificação que define, de forma clara, objetiva e com base científica, atividades, ativos e/ou categorias de projetos que contribuem para objetivos climáticos, ambientais e/ou sociais, utilizando critérios específicos. A implementação de uma Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) permitirá maior clareza, transparência e rastreabilidade para instituições financeiras, investidores e produtores, impulsionando o financiamento verde no campo e fortalecendo a competitividade dos produtos brasileiros nos mercados internacionais, bem como disponibilizando critérios e indicadores específicos que permitem avaliar se uma atividade contribui para a sustentabilidade e/ou para a transição para uma economia sustentável.

Práticas sustentáveis para a produção de grãos

Ao considerar a cadeia de produção de grãos, com foco inicial no binômio soja-milho, foi elencado um conjunto de práticas sustentáveis cuja adoção deve ser incentivada no âmbito da TSB. Para cada prática, são indicados os respectivos objetivos da TSB aos quais contribuem diretamente:

Genética e práticas de semeadura: esta prática contribui para os objetivos TSB 1 (mitigação da mudança do clima) e 7 (prevenção e controle de contaminação), contemplando o uso de sementes certificadas e a coinoculação na cultura da soja. O uso de sementes certificadas permite adequado estabelecimento de plantas e maximização da produtividade de grãos, reduzindo a transmissão de doenças propagadas pelas sementes e infestação de plantas daninhas cujos diásporos podem estar presentes nas sementes. Já a coinoculação da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense* permite que todo o nitrogênio (N) requerido pela soja seja oriundo do solo e da fixação biológica de N, reduzindo a emissão de óxido nitroso, um dos principais gases de efeito estufa, à atmosfera.

Fertilidade, adubação e nutrição das plantas: esta prática contribui para o objetivo TSB 2 (adaptação às mudanças climáticas). Contemplando a adubação e correção química do solo de acordo com análises e recomendações técnicas (quantidade, posicionamento, frequência) e acrescentando o monitoramento das propriedades físicas e biológicas do solo, tal ação é relevante para ajustar práticas de manejo para corrigir eventuais problemas de manejo do solo.

Portanto, para acompanhar a condição do solo, é essencial realizar um acompanhamento detalhado da qualidade do solo, o que envolve a análise de sua fertilidade, suas características físicas e seus aspectos biológicos, pois elas oferecem

informações valiosas sobre o teor de nutrientes disponíveis, a sua estrutura, a capacidade de reter água e nutrientes, como também sobre a atividade dos microrganismos que ali vivem. As análises de fertilidade se concentram em avaliar a capacidade do solo de fornecer os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. As análises físicas se dedicam a avaliar características, como a proporção de areia, argila e silte (textura), o peso do solo em um determinado volume (densidade), o espaço existente entre as partículas (porosidade), a quantidade de água que o solo consegue armazenar e a resistência dos agregados à ação da água e do vento (estabilidade de agregados). Já as análises biológicas focam na quantidade de organismos vivos presentes no solo (biomassa microbiana) e na intensidade com que esses organismos atuam (atividade microbiana), além de medir a ação das enzimas que eles produzem, fatores que influenciam a decomposição da matéria orgânica e a circulação dos nutrientes e a quantidade de N, um nutriente crucial para as plantas e para a vida no solo.

A realização de análises químicas, físicas e biológicas é fundamental para avaliar a saúde geral do solo e a sua capacidade de sustentar o crescimento das plantas. Essas análises ajudam a identificar problemas, como a compactação e a deficiência de nutrientes, além de permitir o acompanhamento dos efeitos de diferentes práticas de manejo do solo. Com base nessas informações, é possível tomar decisões mais fundamentadas sobre o uso de fertilizantes, irrigação e outros insumos, promovendo uma agricultura mais sustentável, que preserva a saúde do solo e a biodiversidade.

Essas análises podem ser feitas em laboratórios especializados, que utilizam técnicas específicas para medir os diversos indicadores. Além disso, existem ferramentas portáteis que permitem aos agricultores realizar algumas medições básicas diretamente no campo. É importante considerar que a qualidade do solo é dinâmica

e pode ser influenciada por fatores, como o clima, o tipo de vegetação e as práticas de manejo adotadas. Por isso, é recomendável realizar análises periódicas para monitorar a saúde do solo e implementar as medidas necessárias para a sua melhoria.

A prática de adubar e corrigir o solo se fundamenta nos resultados da análise de solo, um procedimento que oferece informações detalhadas sobre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas cultivadas e sobre as necessidades de ajuste das características químicas do solo. A quantidade de fertilizante a ser utilizada, a forma como ele deve ser aplicado e a frequência dessa aplicação variam significativamente, dependendo da cultura específica, do tipo de solo em questão e dos dados obtidos na análise. Nesse sentido, seguir rigorosamente as recomendações técnicas é crucial para otimizar o uso dos fertilizantes, evitar desperdícios e, conseqüentemente, promover a melhoria da qualidade do solo em longo prazo.

Proteção integrada de pragas, doenças e plantas daninhas: esta prática contribui para o objetivo TSB 7 (prevenção e controle de contaminação), contemplando o manejo integrado de insetos-praga (MIP), o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) e o manejo integrado de doenças (MID) como práticas a serem induzidas no cultivo de soja e milho.

O manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas constitui uma abordagem multidisciplinar e sistematizada, voltada à contenção de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas em níveis economicamente toleráveis, com o mínimo impacto adverso ao ambiente, à saúde humana e à biodiversidade. Fundamentado na integração de métodos preventivos, culturais, biológicos, físicos e químicos, o manejo integrado promove uma racionalização do uso de insumos e intervenções, pautando-se em critérios técnicos, limiares de ação e no conhecimento detalhado da ecologia dos agroecossistemas.

O manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas pode ser estruturado em cinco etapas sequenciais e interdependentes — prevenção e supressão (1), monitoramento (2), tomada de decisão (3), intervenção (4) e avaliação (5) — cuja implementação coordenada visa otimizar a sustentabilidade produtiva e mitigar os riscos de resistência e desequilíbrios ecológicos (Barzman et al., 2015):

- **Etapla 1 (Prevenção e supressão):** a prevenção ou supressão de organismos indesejáveis e nocivos deve ser alcançada principalmente por meio do planejamento de sistemas de cultivo menos propensos a sofrer perdas econômicas significativas por causa da presença de pragas. A supressão pode ser entendida como a redução da incidência de pragas ou da gravidade de seu impacto, complementando a prevenção. Esse princípio significa que o objetivo não é eliminar completamente as pragas, mas impedir que qualquer uma delas se torne dominante ou cause danos em um sistema de cultivo. Entre as combinações de técnicas de manejo preventivo, pode-se citar: rotação de culturas, técnicas de cultivo adequadas, uso de cultivares resistentes/tolerantes, práticas de fertilização e irrigação equilibradas, medidas fitossanitárias e proteção de organismos benéficos. Combinar diferentes táticas é mais eficaz e sustentável do que abordagens de tática única.
- **Etapla 2 (Monitoramento):** os organismos nocivos devem ser monitorados por métodos e ferramentas adequados, incluindo observações de campo, sistemas de alerta, previsão e diagnóstico precoce, bem como o uso de aconselhamento profissional qualificado.
- **Etapla 3 (Tomada de decisão):** com base nos resultados do monitoramento, o usuário profissional deve decidir se e quando aplicar medidas de proteção. A tomada de decisão no manejo de pragas deve ser pautada em critérios técnicos e integrados, destacando-se o uso de limiares de controle — também conhe-

cidos como níveis de ação — como uma ferramenta essencial. Esses limites representam a densidade populacional de uma praga acima da qual medidas de controle se fazem economicamente justificáveis, considerando o custo da intervenção e o potencial de dano à cultura. No entanto, a aplicação efetiva dessa abordagem exige a consideração de múltiplos critérios adicionais, como o estágio fenológico da planta, as condições ambientais predominantes (temperatura, umidade, precipitação), a presença de inimigos naturais, o histórico da área e a suscetibilidade da cultivar utilizada. A combinação desses fatores permite uma avaliação mais precisa do risco e promove decisões mais racionais e sustentáveis, reduzindo o uso indiscriminado de pesticidas e contribuindo para a preservação da biodiversidade e da saúde do agroecossistema.

- **Etapla 4 (Intervenção):** a decisão de intervir deve respeitar princípios técnicos que priorizam a sustentabilidade do agroecossistema. Diante desse contexto, deve ser priorizado, sempre que possível, o uso de métodos não químicos, como os controles biológicos, físicos e mecânicos. Os pesticidas aplicados devem ser específicos para o alvo e ter os menores efeitos colaterais na saúde humana, nos organismos não alvo e no ambiente. O usuário deve fazer uso do método químico como uma ferramenta complementar de controle e obedecer às recomendações da bula do produto. A fim de se reduzir o risco de resistência de pragas aos pesticidas, devem ser aplicadas estratégias que incluam o uso de pesticidas com diferentes mecanismos de ação e a integração dos diferentes métodos de controle. As causas da raiz do aumento do risco de resistência estão associadas à supersimplificação e intensificação excessiva dos sistemas de cultivo. De maneira geral, pode-se dizer que, para alcançar um nível satisfatório e sustentável de manejo de pragas, é necessário estabelecer uma

ampla estratégia de MIP que inclua uma variedade de métodos de proteção.

- **Etapa 5 (Avaliação):** com base nos registros de uso de pesticidas e no monitoramento, o usuário profissional deve verificar o sucesso das medidas de proteção aplicadas. A sustentabilidade no manejo de pragas exige novos critérios de avaliação que levem em conta efeitos de múltiplas estações e uma diversidade de compensações (*trade-offs*), integrando economia, saúde humana e ambiente, e não apenas o rendimento ou a ausência total de pragas.

Manejo e conservação de solo, da água e da cobertura vegetal: esta prática contribui para o objetivo TSB 4 (uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas). Práticas conservacionistas complementares ao Sistema Plantio Direto (SPD) em áreas com elevado declive e/ou rampas longas, visando à adequada conservação do solo e da água e à diversificação de cultivos com o uso de plantas de cobertura, são essenciais para garantir a capacidade produtiva do solo em longo prazo, representando um desafio crucial para o futuro. É exatamente isso que a conservação do solo busca. Ir além da simples prevenção da erosão significa implementar um conjunto de práticas que assegurem a fertilidade do solo para as gerações futuras.

Boas práticas de manejo do solo podem promover melhor recarga, maior armazenamento e melhor distribuição da água no solo, bem como proporcionar maior profundidade dos sistemas radiculares, incrementando o perfil de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, o volume de água disponível para as plantas. Isso pode ser fundamental em momentos de deficiência de chuvas. Essas boas práticas podem ainda contribuir de forma significativa na melhoria das características do solo, com influência direta na redução de perdas de produtividade causadas pela seca e na maior estabilidade da produção brasileira de grãos. Quanto melhor

o manejo, melhores as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; maior o teor de matéria orgânica; a taxa de infiltração e a redistribuição de água; o crescimento do sistema radicular e a produtividade. Além da redução do risco hídrico da cultura, a adoção de melhores práticas de manejo do solo resulta em outros benefícios potenciais, como aumento e estabilização da produtividade, maior conservação do solo e da água e aumento do carbono orgânico no solo (Debiasi et al., 2022).

A erosão, seja ela causada pela água da chuva ou pela força dos ventos, pode ser significativamente mitigada pela presença contínua de vegetação na superfície do solo, seja por meio de plantações ou de cobertura vegetal morta. A erosão eólica, mais comum em áreas planas e desprovidas de vegetação em períodos de seca, pode ser controlada combinando a cobertura do solo com barreiras de vento formadas por árvores. Já a erosão hídrica, prevalente no Brasil, inicia-se com o impacto das gotas de chuva em solos desprotegidos, facilitando o desprendimento e o transporte das partículas do solo pela água que escorre. Portanto, é essencial manter o solo coberto, com raízes que o penetrem profundamente e com o mínimo revolvimento possível. A palhada funciona como um escudo contra a força da chuva, enquanto as raízes promovem a infiltração da água e sustentam a estrutura do solo.

Para a produção de grãos, o SPD é uma excelente alternativa, desde que aliado a boas práticas agrícolas, em que três preceitos devem estar associados: o revolvimento mínimo do solo, com o devido controle de tráfego de máquinas; a rotação de culturas; e a permanência da palhada da cultura anterior na superfície do solo.

O revolvimento mínimo do solo gera benefícios econômicos por causa do menor uso de máquinas e equipamentos; e ambientais em razão do menor consumo de combustíveis fósseis. Além disso, melhora a qualidade física dos solos, pois

evita a compactação subsuperficial provocada pelo uso intenso de máquinas. Esse processo resulta na diminuição dos espaços vazios no solo, importantes para armazenar ar e água e para permitir o crescimento das raízes das plantas. Além de diminuir os gastos com implementos, máquinas e mão de obra, o não revolvimento favorece a natureza porque o solo não precisa de muito preparo para se desenvolver.

A cobertura do solo com palhada oferece múltiplos benefícios. Atua como protetora contra a erosão, aprimora a estrutura física, química e biológica do solo, eleva a taxa de infiltração de água, minimiza a evaporação e ajuda a manter a temperatura do solo. A palhada também é eficaz no controle de plantas daninhas, promove a ciclagem de nutrientes e estimula a atividade biológica do solo.

Por sua vez, a rotação de culturas é igualmente vantajosa. Ela contribui para o aumento da produtividade, a conservação da fertilidade do solo, o controle de pragas e doenças, e a própria viabilidade do plantio direto. Ao diversificar e alternar as culturas, observa-se uma melhoria na estrutura do solo, um acúmulo de matéria orgânica e uma redução na incidência de pragas e doenças.

Por fim, a adoção de técnicas complementares de conservação, como o terraceamento e o cultivo em curvas de nível, é fundamental para incrementar a infiltração da água e amenizar o impacto do escoamento superficial, tão característico, principalmente, num momento em que se observam chuvas cada vez mais intensas, com precipitação de grandes volumes em pouco tempo.

Sistemas de produção sustentáveis: esta prática contribui para o objetivo TSB 1 (mitigação da mudança do clima), contemplando a integração lavoura-pecuária (ILP) e o SPD. A ILP permite intensificar o uso da terra, da mão de obra e de outros recursos, amplia o sequestro de carbono no solo, reduz a pressão de estresses bióticos

e abióticos, contribuindo significativamente na mitigação e adaptação às mudanças climáticas e no uso sustentável do solo e da água. O SPD aumenta a conservação do solo e da água, reduz a emissão de gases causadores de efeito estufa, permite a intensificação do uso da terra e aumenta a produtividade, a estabilidade e a rentabilidade da atividade agrícola. A conciliação do SPD com a ILP representa um dos principais avanços na agricultura tropical e subtropical brasileira.

Uso de tecnologias digitais: esta prática contribui para o objetivo TSB 2 (adaptação às mudanças climáticas). A adoção de tecnologias digitais pode promover melhorias na cadeia produtiva de grãos do Brasil. No contexto do manejo sítio-específico, essas ferramentas podem auxiliar na interpretação da variabilidade espacial das lavouras e permitir intervenções pontuais e otimizadas. O resultado prático é a possibilidade de alinhar ganhos econômicos à sustentabilidade do sistema produtivo.

A utilização de dados geoespaciais para delinear zonas de manejo pode proporcionar melhorias expressivas no uso de fertilizantes (Resende et al., 2014), agrotóxicos (Anastasiou et al., 2023), sementes (Uhry, 2013) e irrigação (García et al., 2020). Em vez de práticas homogêneas em todo o talhão, torna-se viável aplicar insumos de forma diferenciada, com base nas características específicas de cada talhão. Essa abordagem não apenas reduz o desperdício de recursos, como também pode reduzir impactos ambientais negativos.

Ferramentas como sensores instalados em máquinas agrícolas, imagens obtidas por drones com câmeras multiespectrais e sistemas de posicionamento por satélite (GNSS) integram-se a softwares especializados que processam os dados e entregam ao produtor mapas operacionais. Tais tecnologias já estão consolidadas em operações de plantio, pulverização, adubação e colheita, permitindo tomadas de decisão baseadas em evidências.

O monitoramento contínuo das operações agrícolas permite ajustes imediatos em campo, o que é particularmente importante em regiões com clima instável ou janelas curtas para a colheita. A combinação de agricultura digital e logística operacional tem elevado o nível de gestão da produção e contribuído para um modelo mais resiliente frente às exigências de mercado e às mudanças climáticas.

A ampliação do uso dessas tecnologias, no entanto, ainda depende de fatores, como conectividade no campo, capacitação técnica das equipes e acesso a políticas públicas que estimulem a inovação tecnológica nas propriedades. Incentivar a adoção dessas ferramentas representa um passo estratégico para ampliar a competitividade da agricultura brasileira.

Técnicas de colheitas eficientes: esta prática contribui para o objetivo TSB 2 (adaptação às mudanças climática). Estimular práticas focadas na redução das perdas de grãos de milho e de soja na colheita — mesmo em condições de elevado acamamento e/ou quebra de colmos, no caso do milho, frente a eventos climáticos extremos — é importante para reduzir desperdícios. A adoção de técnicas de colheita eficientes constitui uma etapa decisiva na maximização do rendimento final das culturas de grãos, notadamente milho e soja. Estima-se que, no Brasil, as perdas na colheita dessas culturas podem variar entre 5 e 10% da produção total, podendo ultrapassar 15% em situações críticas, como em lavouras afetadas por acamamento ou quebra de colmos no milho, frequentemente induzidos por eventos climáticos extremos, como ventos fortes, chuvas intensas e prolongadas, ou seca seguida de precipitações abruptas. Tais perdas representam não apenas prejuízos econômicos diretos, mas também comprometem a sustentabilidade e a eficiência do uso dos recursos naturais e insumos aplicados ao longo do ciclo produtivo.

Para mitigar esses impactos, torna-se essencial o estímulo e a disseminação de práticas de colheita baseadas em critérios técnicos. Isso inclui o correto ajuste das colhedoras — como velocidade de deslocamento, altura do corte, taxa de alimentação e regulação do sistema de trilha e separação —, a colheita no ponto ideal de umidade, que varia de 13 a 15% para a soja e de 13 a 20% para o milho (Montavani et al., 2000; Aguila et al., 2011), além da capacitação contínua dos operadores. Para tal, o produtor deve levar em consideração a necessidade e disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o gasto de energia na secagem e o preço do grão na época da colheita. A seleção de cultivares com maior resistência ao acamamento e colmos mais robustos, associada à adoção de sistemas de cultivo conservacionistas, também contribui para a manutenção da integridade das plantas até o momento da colheita.

Adicionalmente, o uso de tecnologias embarcadas, como sensores de perdas, monitoramento em tempo real da operação e sistemas de controle automático, pode contribuir na redução das perdas operacionais e no suporte à tomada de decisões em campo (Zandonadi; Ruffato, 2021).

A eficiência na colheita, portanto, deve ser entendida como uma estratégia integrada, que alia manejo agrônomo, planejamento operacional e inovação tecnológica, sendo fundamental para assegurar ganhos em produtividade real, rentabilidade e sustentabilidade ao sistema agrícola.

Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc): esta prática contribui para o objetivo TSB 2 (adaptação às mudanças climática). Delimita regiões de produção e épocas de semeadura em níveis de riscos de perda de produção por eventos meteorológicos adversos e permite ao produtor identificar a melhor época para semear, levando em conta a região do cultivo, a cultura e os diferentes tipos de solos. É uma ferramenta de análise do risco derivado da variabilidade

climática, considerando-se as características da cultura e do solo. As informações geradas pelo Zarc podem ser utilizadas na gestão de riscos climáticos (GRC) da propriedade rural, permitindo aos produtores e técnicos avaliarem e decidirem quais as melhores opções quanto: às espécies de cultivo mais viáveis no seu município; à melhor época de semeadura e produção; às características preferenciais de cultivares, adaptadas à região; à necessidade de práticas de manejo, como a irrigação; ao uso preferencial de cultivares de ciclo curto, intermediário ou longo; e às possibilidades para se concentrar recursos em uma única safra ou dividir em duas safras ou mais (Monteiro et al., 2024).

Agricultura irrigada: esta prática contribui para o objetivo TSB 2 (adaptação às mudanças climática). Ela adota sistemas de irrigação como forma de aumento da eficiência no uso dos recursos naturais, com ênfase na água, bem como na redução de riscos climáticos. Contempla os sistemas de irrigação por aspersão, microaspersão e gotejamento.

A agricultura irrigada é responsável por cerca de 40% de toda produção de alimentos no mundo, viabilizando produzir fisicamente, em uma mesma área, até quatro vezes mais que a agricultura de sequeiro (Postel, 2000). No Brasil a expansão da irrigação não acompanhou a evolução da área plantada. Estima-se que a área irrigada no País corresponda a 8 milhões de hectares (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025). A expansão da agricultura irrigada pode contribuir para a redução da pressão de abertura de novas áreas.

Aumentar as produtividades das culturas agrícolas contribui para o crescimento do produto interno bruto (PIB) e a redução da pobreza. De acordo com Rodrigues et al. (2017), na produção de sequeiro, há maior incerteza quanto ao resultado, a qual fica limitada aos períodos das chuvas, sendo totalmente dependente das variações climáticas. Na agricultura irrigada, por sua vez, as demandas hídricas das culturas são supridas pela

água da chuva e/ou de irrigação. A produção não é influenciada pela incerteza temporal e locacional das chuvas, podendo-se produzir em qualquer época do ano. No entanto, a agricultura irrigada é uma prática agrícola muito mais intensiva e fortemente dependente de energia e de água, assim como demandante de cuidados quanto à manutenção da qualidade dos solos cultivados.

Para que essa atividade seja realizada de maneira eficiente, se faz necessária a utilização de métodos mais eficientes para otimização do uso da água, como sistemas de irrigação mais eficientes. Além disso, é fundamental investir em tecnologias de monitoramento climático e de umidade do solo, assim como em políticas públicas que incentivem o uso sustentável dos recursos hídricos. Dessa forma, a agricultura irrigada poderá continuar a impulsionar a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico, sem comprometer os ecossistemas e as reservas de água para a geração futura.

Considerações finais

As práticas visando à sustentabilidade dos sistemas de produção elencadas, além de apresentarem comprovação técnico-científica e viabilidade econômica, apresentam potencial de ampla utilização por produtores rurais dos diferentes níveis socioeconômicos e de tecnificação.

Neste momento estão contempladas apenas as culturas da soja e do milho, entretanto, para um futuro próximo, está prevista a ampliação do escopo para outras culturas que normalmente integram os sistemas agrícolas em áreas de produção de soja e/ou milho, como sorgo, trigo, girassol e algodão.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Atlas da **Irrigação**: uso na água da agricultura irrigada. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/atlasirrigacao>. Acesso em: 15 maio 2025.

- AGUILA, L. S. H. D.; AGUILA, J. S. D.; THEISEN, G. **Perdas na colheita na cultura da soja**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 12 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 271).
- ANASTASIOU, E.; FOUNTAS, S.; VOULGARAKI, M.; PSIROUKIS, V.; KOUTSIARAS, M.; KRIEZI, O.; LAZAROU, E.; VATSANIDOU, A.; FU, L.; DI BARTOLODO, F.; BARREIRO-HURLED, J.; GÓMEZ-BARBERO, M. Precision farming technologies for crop protection: A meta-analysis. **Smart Agricultural Technology**, v. 5, e100323 Oct. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100323>.
- ARZMAN, M.; BARBERI, P.; BIRCH, A. N. E.; BOONEKAMP, P.; DACHBRODT-SAADEH, S.; GRAF, B.; HOMMEL, B.; JENSEN, J. E.; KISS, J.; KUDSK, P.; LAMICHHANE, J. R.; MESSÉAN, A.; MOONEN, A.-C.; RATNADASS, A.; RICCI, P.; SARAH, J.-L.; SATTIN, M. Eight principles of integrated pest management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 4, p. 1199-1215, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Brasília, DF, 10 jul. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 10 jul. 2025
- CONAB. **Série histórica das safras**. [Brasília, DF], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/series-historicas>. Acesso em: 4 maio 2025.
- DEBIASI, H.; MONTEIRO, J. E. B. A.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B.; CONTE, O.; CUNHA, G. R.; MORAES, M. T.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; MACENA, F. A.; EVANGELISTA, B. A.; MARAFON, A. C. **Níveis de manejo do solo para avaliação de riscos climáticos na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 137 p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).
- EMBRAPA. **Síntese ocupação e uso das terras no Brasil**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car/sintese>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- FAO. **The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050**. Rome, 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i8429en/i8429en.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.
- GARCÍA, L.; PARRA, L.; JIMENEZ, J. M.; LLORET, J.; LORENZ, P. IoT-Based Smart Irrigation Systems: an overview on the recent trends on sensors and iot systems for irrigation in precision agriculture. **Sensors**, v. 20, n. 4, p. 1042, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20041042>.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; BENDER, F.; BLIKSTAD, N. M. D.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; FARIAS, J. R. B.; FRANCHINI, J. C.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, B. A.; CUADRA, S. V.; ANDRADE, C. L. T.; FLUMIGNAN, D. L.; BRAGA, M.; SILVA, F. A. M.; OLIVEIRA, A. F.; MOURA, M. S. B.; VICTORIA, D. C.; ANDRADE, R. G.; CUNHA, G. R. **Gestão de riscos climáticos na agricultura**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2024. 67 p. (Embrapa Agricultura Digital. Documentos, 192).
- NAÇÕES UNIDAS. Department of Economic and Social Affairs. **World Population Prospects 2022**. New York, 2022. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.
- POSTEL, S. Redesigning irrigated agriculture. In: STARKE, L. (ed.). **State of the World 2000: a Worldwatch Institute Report on progress towards a sustainable society**. New York: WW. Norton & Company, 2000.
- RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; COELHO, A. M.; CORAZZA, E. J.; VILELA, M. F.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; BASSOI, L. H.; NAIME, J. M. Agricultura de precisão no Brasil: avanços e impactos no manejo e na conservação do solo, na sustentabilidade e na segurança alimentar. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. de (ed.). **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 467-488.
- RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F.; CHRISTOFIDIS, D. Agricultura irrigada e produção sustentável de alimento. In: RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. (ed.). **Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Inovagri, 2017. p. 21-109.
- UHRy, D. **Avaliação e critério para a utilização de semeadora com sistema de taxa variável de sementes na cultura da soja**. 2013. 141 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- ZANDONADI, R. S.; RUFFATO, S. Colheita mecanizada de soja no Mato Grosso: perdas devido ao desempenho das colhedoras e aspectos operacionais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e5810514216, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14216>.





Capítulo 6

Práticas sustentáveis para o café

Paulo Cesar Afonso Júnior | Rogério Faria Vieira | Adriano Delly Veiga |
Elessandra Aparecida Bento Mourão

Introdução

A cadeia produtiva do café tem passado por profundas transformações nos últimos tempos, em direção a uma busca crescente por sustentabilidade por todos os seus elos, no intuito de atender aos anseios de seus consumidores por todo o mundo. Esse fenômeno tem impulsionado a pesquisa científica na construção e identificação de práticas que possam contribuir na transição para sistemas mais sustentáveis, gerando melhorias na produtividade, qualidade e, consequentemente, na agregação de valor do café brasileiro.

Nesse contexto desafiador, a Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) pode, em muito, receber contribuições valiosas do arcabouço técnico-científico já concebido em torno da cafeicultura, o qual já resultou, por exemplo, em inúmeras boas práticas consolidadas, como cultivares adaptadas às condições de novos cenários climáticos; manejo e uso eficiente da água; sistemas agroflorestais (SAFs); entre inúmeras outras práticas.

Antes de qualquer coisa, é importante lembrar que o café, entre os séculos 19 e 20, foi o

principal produto exportado, sendo, portanto, crucial em grande medida no processo de industrialização do Brasil, tendo em vista que a riqueza gerada financiou a expansão industrial e o desenvolvimento da infraestrutura.

Desse modo, a cultura do café possui grande importância histórica como responsável pelo desenvolvimento econômico e social de diversas regiões do País ao longo dos anos, expandindo para áreas de variados biomas. Ao longo de décadas, o País tem sido notável como maior produtor e exportador, e segundo maior consumidor em nível mundial. Hoje a cultura representa o sexto produto no valor da produção agropecuária nacional, com faturamento acima de R\$ 70 bilhões (Conab, 2025).

A cultura, por meio das duas espécies comerciais, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, representa fonte de renda e geração de empregos, além de contribuir para o desenvolvimento de toda uma cadeia produtiva, com elos relevantes na indústria, como a de máquinas e implementos, e nos serviços.

A produção para 2025 possui estimativa próxima a 52 milhões de sacas beneficiadas, área

total mantida próxima a 1,8 milhão de hectares, dos quais 80% em produção (Conab, 2025). A produtividade de grãos média tem previsão de 28 sacas por hectare, quantidade que pode ser ampliada desde que possam ser adotadas tecnologias e inovações disponíveis, além de práticas que possam promover sistemas de produção mais sustentáveis.

Atualmente, toda essa produção da cafeicultura é responsável por relevantes impactos econômicos no âmbito do agronegócio, pois o café representa o quinto produto na pauta de exportações do Brasil, e em toda a sua cadeia produtiva são gerados mais de 8 milhões de empregos em todo o País (Brasil, 2022).

Para a expansão da cafeicultura e os consequentes efeitos positivos gerados na economia e sociedade brasileira, as tecnologias e recomendações técnicas geradas pela pesquisa tiveram papel fundamental, promovendo ganhos na produtividade dos grãos, assim como maior conhecimento e preocupação com a qualidade da bebida. Áreas do conhecimento, como controle de pragas e doenças, melhoramento de plantas, sistemas de produção, agricultura de precisão e pós-colheita, entre outras, estão presentes nos trabalhos de pesquisa das instituições, colaborando para o alcance de mais conhecimento para os produtores com diferentes níveis tecnológicos, e têm gerado resultados relevantes em direção à sustentabilidade da cafeicultura.

A pesquisa na cafeicultura desempenha um papel fundamental ao identificar e disseminar boas práticas já consolidadas e disponíveis na produção de café, contribuindo para a adoção de métodos mais sustentáveis e eficientes por parte dos produtores, bem como pela prospecção das principais tendências de inovação tecnológica que impulsionarão a atividade em direção à sustentabilidade. Dessa forma, essa pesquisa contribui para fortalecer a competitividade do setor, alinhando-o às demandas do mercado global por práticas responsáveis e inovadoras.

Apresentação das práticas

Desenvolvimento e conservação ambiental deixaram, há muito tempo, de ser vistos como forças necessariamente opostas nos caminhos que levam à competitividade econômica. Em todo o mundo, uma tendência em curso é a crescente consciência de que a responsabilidade socioambiental promove o crescimento sustentável.

No âmbito da construção da TSB, essa sinergia de enfoques é plenamente notada até mesmo nos seus objetivos, que buscam abordar tanto a mitigação e adaptação às mudanças climáticas quanto a geração de trabalho e elevação de renda, bem como o aumento da equidade econômica e social, além da qualidade de vida das pessoas.

Para a cafeicultura, esse cenário já pode ser percebido claramente há algum tempo. Isso porque os avanços produzidos pela pesquisa já foram suficientes para, com base em conhecimentos científicos, se estabelecer com razoável margem de segurança um conjunto de medidas a serem tomadas nos processos produtivos com vistas à sustentabilidade da cafeicultura. Essas medidas e técnicas aprimoradas ao longo do tempo podem ser chamadas de “boas práticas”.

Nesse sentido, as boas práticas sustentáveis preconizam a utilização de técnicas com baixo impacto ambiental como forma de aumento na produtividade e qualidade do produto e da competitividade nos mercados interno e externo. Então, foram elencadas as principais práticas com base no documento *Produção Integrada de Café*, elaborado com apoio do Consórcio Pesquisa Café, publicado como INº 49 de 2013 (Brasil, 2013), tendo em vista o seu caráter nacional, público e por se tratar de uma iniciativa do Ministério da Agricultura e Pecuária.

Ao priorizar o uso de práticas sustentáveis, a cafeicultura não só preserva a biodiversidade e os recursos naturais necessários ao processo produtivo, como também assegura sua viabilidade

econômica ao atender à crescente demanda mundial por produtos responsáveis e conscientes. Além disso, garante de forma duradoura a oferta de produtos com qualidade e o acesso a mercados diferenciados.

Assim, os sistemas de produção sustentável visam estabelecer práticas que, no seu conjunto, tenham como objetivo viabilizar, em médio e longo prazo, o empreendimento rural como negócio rentável, com segurança para a saúde humana, preservação ambiental e, conseqüentemente, com sustentabilidade. Essa maneira de praticar a agricultura tem como enfoque principal o conhecimento holístico do sistema produtivo, o qual combina o uso de métodos naturais, biológicos e químicos, considera a melhoria do ambiente produtivo, o atendimento às demandas sociais e a necessidade de manter ou melhorar a qualidade do produto.

Adicionalmente, pesquisas realizadas indicam que a adoção de boas práticas na cafeicultura contribui positivamente no sequestro de carbono, já que passa a reter ainda mais dióxido de carbono (CO₂) equivalente no solo e na planta do que a emitir na atmosfera, em relação ao manejo tradicional, que já é ‘carbono negativo’.

A partir desse contexto, serão apresentadas a seguir as principais “boas práticas” a partir dos objetivos específicos da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), procurando-se abordar como a cafeicultura relaciona-se com esse objetivo e quais as principais “boas práticas” que já foram delimitadas cientificamente com vistas a tornar o processo produtivo mais sustentável.

Contribuição das boas práticas da cafeicultura para os objetivos da Taxonomia Sustentável Brasileira

Objetivo 2 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Adaptação às mudanças climáticas

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios para a cafeicultura brasileira.

Cultivares adaptadas às condições de novos cenários climáticos e indicadas para os diferentes locais de plantio, como variedades tolerantes ao calor e à seca — as quais apresentam simultaneamente resistência a pragas e doenças —, são essenciais e importantes para lidar com os impactos das mudanças climáticas.

Associada à escolha adequada da cultivar em regiões que enfrentam secas prolongadas e variações nas chuvas, a adoção adequada e com parâmetros técnicos da irrigação é fundamental para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. O uso eficiente da água, por meio de sistemas automatizados com distribuição hídrica uniforme — como a irrigação por gotejamento, entre outros —, ajuda a reduzir o desperdício e a racionalizar o consumo da água disponível. Além disso, tecnologias de irrigação mais inteligentes podem garantir a produtividade da lavoura, mantendo a saúde do solo e reduzindo o risco de degradação, bem como, ainda, permitir ajustes que contribuem para uma gestão mais sustentável diante das alterações climáticas.

Associado ao manejo correto do recurso hídrico, o uso de cobertura de solo nas entrelinhas dos cafés pode contribuir para redução da temperatura do solo e das plantas, assim como a nutrição adequada das plantas pode favorecer para que estas suportem adversidades climáticas.

A adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) no cultivo do café tem se mostrado uma estratégia eficaz para promover a sustentabilidade, a resiliência e o equilíbrio ecológico nas lavouras. Um dos principais elementos desses sistemas é o sombreamento, que, além de amenizar as temperaturas extremas e reduzir a evapotranspiração, favorece uma série de serviços ecossistêmicos que beneficiam diretamente a produção cafeeira.

Portanto, o sombreamento estratégico dentro de SAFs não só protege o cafeeiro contra extremos climáticos, como também impulsiona a regeneração ecológica e a produtividade de forma

integrada. O consórcio planejado com espécies funcionais e comerciais é um caminho promissor para aliar sustentabilidade, conservação ambiental e geração de renda no cultivo do café.

Objetivo 3 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas

O avanço da cafeicultura em solos de baixa fertilidade, como em áreas de Cerrado, tem sido impulsionado pela aplicação de técnicas de correção de solo, com constantes adubações de nutrientes essenciais, em quantidades elevadas, para o crescimento das plantas. A utilização intensiva de agroquímicos, como fertilizantes e agrotóxicos, é necessária para garantir a produtividade, já que esses solos muitas vezes apresentam deficiências de nutrientes e podem ser suscetíveis a pragas e doenças. Portanto, a adoção de práticas que visem ao manejo racional dos agroquímicos bem como a redução da sua utilização, com vistas à proteção e à restauração da biodiversidade e dos ecossistemas, são essenciais para manter o equilíbrio ambiental.

O emprego excessivo de agroquímicos pode prejudicar esses sistemas, afetando espécies benéficas e contaminando o solo e a água. Com o objetivo de reduzir esses impactos, é importante adotar métodos alternativos de controle de pragas e doenças, como o manejo integrado de pragas (MIP), que combina técnicas biológicas, culturais, físicas e químicas, de forma sustentável. O uso de pesticidas biológicos e a promoção de predadores naturais ajudam a reduzir a dependência de agrotóxicos, favorecendo a recuperação e a preservação da biodiversidade.

Porém, se for necessário adotar agrotóxicos, é primordial escolher os menos tóxicos, aplicar, com precisão, diferentes princípios ativos nas doses recomendadas, empregando equipamentos sem vazamento e produtos registrados, além de buscar prevenir a contaminação do solo, da água e de áreas de proteção ambiental.

Outro desafio que a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas enfrenta são os incêndios agrícolas, que frequentemente destroem habitat naturais e contribuem para a perda de espécies amigas às lavouras cafeeiras. Os incêndios, além de prejudicarem a lavoura, a fauna e a flora, liberam grandes quantidades de carbono, intensificando as mudanças climáticas. Para mitigar esses impactos, é crucial adotar práticas agrícolas sustentáveis, como a criação de aceiros e a limpeza das áreas, assim como o uso de técnicas e políticas de prevenção para proteger as áreas produtoras de café e garantir a sustentabilidade ambiental.

Objetivo 4 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas

Tão importante quanto a necessidade de manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas é o uso sustentável do solo e sua conservação para garantir a produtividade cafeeira em longo prazo e a preservação ambiental.

A gestão adequada de resíduos poluentes e a escolha de corretivos e fertilizantes apropriados são fundamentais para evitar a degradação do solo. O mapeamento de solo e sua avaliação nutricional permitem identificar as necessidades específicas das plantas, otimizando o uso de recursos. Para prevenir a erosão, especialmente nas estradas internas, práticas de conservação, como o manejo da cobertura do solo e o controle da erosão, são essenciais. A cobertura do solo, aliada a práticas de manejo adequadas, protege o solo contra intempéries e melhora sua fertilidade, bem como promove maior retenção de água. Além disso, o aproveitamento dos resíduos do pré-processamento do café por via úmida contribui para a redução de impactos ambientais, promovendo a reciclagem de nutrientes e a melhoria da estrutura orgânica do solo.

Sempre que possível, recomenda-se o consórcio do café com plantas de cobertura ou espécies

com valor comercial, que agreguem diversidade funcional ao sistema. Essas plantas desempenham múltiplas funções ecológicas, como a atração de inimigos naturais de pragas, a fixação biológica de nitrogênio, a produção de biomassa por meio de podas regulares. Ademais, tais plantas apresentam sistemas radiculares profundos, que exploram camadas do solo inacessíveis ao cafeeiro e permitem maior ciclagem de nutrientes, melhorando a estrutura e a fertilidade do solo ao longo do tempo, além da possibilidade da redução do uso de herbicidas e controles químicos.

Objetivo 5 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos

A irrigação é essencial em regiões com baixa disponibilidade hídrica, permitindo o controle da umidade do solo e garantindo uma produção mais estável. Assim, a gestão eficiente e o uso sustentável dos recursos hídricos são fundamentais para otimizar o uso da água e evitar desperdícios. Na produção cafeeira, práticas como a fertirrigação e a quimigação, as quais combinam irrigação e aplicação de insumos, podem melhorar a produtividade e reduzir o consumo de água, desde que sejam empregados equipamentos e produtos apropriados para essa finalidade.

No entanto, quando se fala em sustentabilidade de recursos hídricos, é preciso considerar os resíduos gerados durante o processo de produção, como os resíduos poluentes e os resíduos do pré-processamento do café por via úmida, os quais, quando não tratados adequadamente, podem contaminar os recursos hídricos. O reúso da água no pré-processamento do café é, em muitas situações, a solução viável, além de contribuir para a sustentabilidade, minimizando a quantidade desse insumo e a poluição do ambiente.

Assim, essas práticas visam não apenas aprimorar o uso da água, mas também preservar os ecossistemas e a qualidade da água, promovendo uma cafeicultura mais sustentável e consciente.

Objetivo 7 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Prevenção e controle de contaminação

O monitoramento constante e a prevenção de riscos, como a presença de resíduos de agrotóxicos e herbicidas, são essenciais para a prevenção e o controle da contaminação no setor cafeeiro. O planejamento de uma rotina de amostragem de produto permite a detecção precoce de contaminações, contribuindo para a segurança alimentar. O controle rigoroso sobre o uso de agroquímicos, especialmente inseticidas, fungicidas e herbicidas, é fundamental para evitar a contaminação do café e proteger a saúde do consumidor e o meio ambiente.

Nesse contexto, a armazenagem adequada do café é crucial, evitando a contaminação por fungos, pragas ou agentes externos. A identificação de lotes durante o processo produtivo, principalmente na etapa pós-colheita, facilita o rastreamento e o controle da qualidade, além de assegurar que produtos contaminados possam ser isolados.

Salvaguardas

Por fim, a observância das legislações e normas relacionadas à sustentabilidade ambiental é imprescindível para proteger os recursos naturais e a saúde pública, especialmente na estocagem e no manuseio de agroquímicos, garantindo a redução dos riscos à saúde.

O cumprimento das normas sobre o período de carência pós-aplicação assegura que resíduos de produtos químicos não contaminem o produto e os ecossistemas. Além disso, a proteção adequada dos trabalhadores garante segurança à saúde destes.

Da mesma forma, a armazenagem de agrotóxicos e embalagens deve seguir regras rigorosas para evitar vazamentos e impactos ambientais negativos. Após o manuseio de agroquímicos, a destinação correta da água da lavagem dos

recipientes e de equipamentos, bem como do pré-processamento do café por via úmida, é essencial para evitar a contaminação do solo e de recursos hídricos.

O uso adequado dessas práticas visa não apenas à conformidade legal, mas também à preservação ambiental, à saúde pública e à continuidade da produção de forma responsável, ao minimizar impactos ambientais e maximizar a sustentabilidade da atividade.

Como visto, as “boas práticas” discutidas apresentam-se como medidas que foram ou podem ser já adotadas nos processos produtivos da cafeicultura, com resultados já comprovados com vistas ao aumento da sustentabilidade da cadeia produtiva. Desse modo, entende-se que essas “boas práticas” podem servir como critérios eficientes e eficazes na elaboração da TSB.

Feitas essas considerações sobre a importância da cafeicultura no contexto da agricultura brasileira e sua sustentabilidade, bem como apresentadas as “boas práticas” atualmente já delimitadas no âmbito dos estudos científicos e que podem servir de critérios para a TSB, busca-se nos tópicos a seguir discorrer sobre a transição em curso para sistemas cada vez mais sustentáveis.

Transição para sistemas cada vez mais sustentáveis

Durante muito tempo, a cafeicultura brasileira foi vocacionada a atender, em volume de produção, a grande parte da demanda mundial pelo café. Não à toa, o País se tornou o maior exportador mundial há mais de 100 anos, pois é responsável por cerca de um terço da produção mundial e tem uma longa liderança no comércio internacional de café.

Esse tradicional enfoque da cafeicultura nacional, baseado na quantidade produzida e na pro-

ductividade, partia da premissa de que o café era mais uma commodity agrícola, e a competição entre as cadeias produtivas e seus países se dava basicamente em razão da estrutura de custos e da produtividade agrônômica.

Contudo, já há algum tempo, o cenário no qual a cafeicultura nacional está inserida tem sido submetido a uma transição de suas bases, mudanças essas impulsionadas pelos mercados consumidores. Isso porque, em todo o mundo, o chamado “consumo consciente” do café aumentou muito em relevância. Ou seja, o consumidor, cada vez mais, passou a inserir como critérios na tomada de decisão de “o que consumir” outros aspectos do café que não apenas aqueles relacionados ao preço. Fatores como a sustentabilidade da cadeia produtiva, o menor impacto ambiental, a melhor qualidade do alimento e o impacto social são agora alçados a critérios críticos de escolha pelos consumidores.

Com isso, as cadeias produtivas do café passaram a competir não apenas em custos e volume, mas em um novo mercado com foco em sustentabilidade. Essa mudança representa a base para a transição para sistemas de produção de café cada vez mais sustentáveis, voltados a satisfazer esses novos mercados por meio da agregação de valor ao café, que deixa de ser mera commodity e passa a ser produto cujos mercados exigem uma segmentação de mercado de acordo com a qualidade e valores exigidos pelos consumidores.

Como resultado de todo esse processo, a sustentabilidade já é um critério utilizado por parcela relevante dos consumidores de café em todo o mundo. Desse modo, se percebe, dentro da cadeia produtiva dos cafés, que os produtores estão cada vez mais preocupados com diferenciação de mercado e possibilidades de agregar valor ao café produzido, já que, entre os consumidores, é crescente a preocupação com qualidade do produto associada às exigências de sustentabilidade no processo produtivo.

Os cafés que possuem qualidade superior ou certificados de práticas sustentáveis responderam por 18,1% das exportações totais brasileiras no ano passado, com a remessa de 9,141 milhões de sacas ao exterior. Esse volume é 31,2% superior ao registrado em 2023 (Conselho dos Exportadores de Café do Brasil, 2024).

Nessa nova etapa da cafeicultura nacional, as certificações do café se tornaram ferramentas relevantes para garantir que a agregação de valor conferida ao produto fosse reconhecida pelos consumidores, em razão da confiança depositada na certificação. Assim, as certificações tornaram-se um diferencial que traz vantagens competitivas no ambiente de mercado altamente segmentado e exigente.

A consequência é que os selos das certificações atualmente conferem maior transparência e rastreabilidade nas cadeias produtivas, permitindo que os consumidores tenham maior confiança no processo de tomada de decisão e, assim, caso estejam dispostos, paguem mais caro por produtos que atendam a suas exigências.

Dessa forma, as certificações disponíveis e adotadas pela implementação de práticas sustentáveis e normatizações podem contribuir com impactos econômico, ambiental e social, além de permitir que os produtores aumentem a eficiência, a produtividade e a competitividade de mercado, bem como a redução de custos.

Importante destacar que o Brasil é destaque também pela diversidade do café produzido. As regiões produtoras, com diferenças de clima, solo e manejos, são capazes de oferecer diversidade de sabores, aromas e características sensoriais, por causa dos fatores que afetam o produto final. Essa diversidade proporciona aos consumidores opções e a possibilidade de explorar os sabores únicos do café brasileiro.

Por sua vez, essa diversidade de regiões e processos produtivos nos quais a cafeicultura brasileira se expandiu representa um crescente desa-

fio à TSB, na sua busca em, com base em análises científicas, classificar de forma eficiente e eficaz as unidades produtivas sob os critérios da sustentabilidade.

Desse modo, com vistas a atender a esse novo consumo consciente, a cafeicultura nacional tem percebido a transição de suas bases para sistemas mais sustentáveis, que possam — por meio de vários mecanismos, como as certificações —, agregar valor ao café, e, assim, melhor atender aos consumidores de todo o mundo, cujo foco é primordialmente a sustentabilidade.

Nesse contexto, a pesquisa tem avançado em direção a uma cafeicultura cada vez mais sustentável, de forma a dar suporte à cadeia produtiva do café nesse novo enfoque.

Considerações finais

Os avanços da pesquisa têm proporcionado a disponibilização de tecnologias, como: cultivares mais adaptadas para as diversas regiões produtoras de café, com tolerância a doenças e pragas; opções para sistemas de produção sustentáveis e integrados; uso de bioinsumos; utilização de equipamentos que realizem a quimigação; e uso de veículos aéreos não tripulados (Vant). A utilização dessas tecnologias vem garantindo produções cada vez mais elevadas e seguras.

A cafeicultura adota cada vez mais tecnologias que promovam produção eficiente e sustentável. Esse novo modelo busca reduzir a dependência de mão de obra intensiva, priorizar a preservação ambiental, diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e reduzir o uso de água, fertilizantes químicos e agrotóxicos. Além disso, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para aumentar a resiliência dos cafezais às mudanças climáticas, preservar e ampliar a resistência das plantas a pragas e doenças e garantir que os grãos produzam bebidas de alta qualidade. Essas inovações são cruciais para manter

o entusiasmo dos cafeicultores e fortalecer a competitividade da indústria cafeeira nacional.

Em relação à área destinada à produção de café no País, o seu total vem se mantendo nos últimos anos, com destaque para o surgimento de lavouras em regiões não tradicionais. Como exemplo dessa dinâmica pode-se citar a entrada de cafés conilon no Cerrado, em altitudes superiores às de sua origem, e a entrada de cafés arábicas em alguns estados do Nordeste. Esses avanços em novas regiões ocorrem mais em razão das condições de mercado e precificação do produto do que propriamente em razão de alterações climáticas.

Vale notar que regiões livres de condições adversas, como altas temperaturas e ocorrência de geadas, associadas ao uso de sistemas de irrigação, podem apresentar grande potencial para alcance de alta produtividade de grãos, associadas à obtenção de alta qualidade de bebida, para ambas as espécies comerciais. Ou seja, esse aspecto da cultura do café permitiria sua potencial expansão para diversas outras áreas não tradicionais.

A preservação de florestas em torno de cafezais ou entre talhões de lavoura, assim como o plantio de árvores consorciadas com cafeeiros, já é uma realidade em desenvolvimento. Essas práticas trazem benefícios ambientais relevantes e oferecem retorno econômico para os cafeicultores, como aumento de produtividade (por causa de um clima mais ameno e maior disponibilidade de água), incremento da biodiversidade (com mais inimigos naturais de pragas) e melhoria da fertilidade do solo. Além disso, esse sistema agroflorestal contribui para o sequestro de carbono, cujo potencial pode ser maximizado pela incorporação de outras práticas e tecnologias, como compostagem de resíduos do café, adubação orgânica, produção e uso de biochar, e implementação de fontes de energia sustentáveis na propriedade para atender a diversas necessidades, como irrigação e secagem dos grãos.

Outras tecnologias amplamente utilizadas na agricultura e em diversas áreas do conhecimento são ferramentas poderosas para a concretização desse modelo em transição na produção de café. Entre elas, destacam-se Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), *big data*, drones, sensores e automação. Associadas a uma conectividade mais potente e confiável, essas tecnologias permitirão monitorar o clima; gerenciar a água; identificar precocemente pragas e doenças; otimizar o uso de fertilizantes, produtos biológicos e agrotóxicos; e realizar colheitas mais seletivas e eficientes, tanto em áreas planas quanto montanhosas. Essas tecnologias também permitirão que consumidores acessem informações sobre a origem e o processo de produção do café, aumentando a transparência e a confiança no produto, bem como possibilitando a certificação da qualidade e sustentabilidade do café pelos cafeicultores.

As opções pouco poluentes de fontes de energia, como eólica, solar, biomassa, biogás, reduzem os custos operacionais em longo prazo e as emissões de GEE. Entre essas fontes, atualmente, a energia solar e a biomassa se destacam por serem as mais consolidadas e amplamente utilizadas na cafeicultura. No entanto, o biogás está em fase inicial de adoção no setor, enquanto a energia eólica apresenta um uso limitado. A adoção dessas tecnologias renováveis pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da cafeicultura.

O uso eficiente da água na agricultura é uma preocupação global. Atualmente, tecnologias que envolvam irrigação de precisão (como no gotejamento subsuperficial), monitoramento climático (com estações meteorológicas automatizadas, sensores de evapotranspiração) e manejo de solo (com o uso de cobertura morta, terraceamento) têm permitido aos cafeicultores economizar e aproveitar melhor a água em suas lavouras. Além disso, tecnologias emergentes prometem maximizar o aproveitamento e a economia de água na cafeicultura. Entre elas,

destacam-se as inovações associadas à agricultura digital (como imagens de satélite para manejo de irrigação, IA para a otimização do uso da água), à biotecnologia (com o desenvolvimento de cafeeiros mais eficientes no uso de água) e à gestão inteligente (com a automação total da irrigação e o uso de software para manejo hídrico). Por fim, práticas como o reúso da água de processamento do café e a captação e armazenamento de água da chuva representam iniciativas cruciais para a sustentabilidade do setor.

Para a redução do uso de agrotóxicos nos cafezais, diversas tecnologias têm se destacado. Entre elas, os SAFs, que aumentam a biodiversidade; a agricultura de precisão, com sensores, drones e satélites para monitorar pragas e drones para aplicações localizadas; a nanotecnologia, com nanopartículas, nanoformulações; e o controle biológico. Além disso, a IoT e IA são capazes de prever surtos de pragas e otimizar o uso de insumos agrícolas com base em dados em tempo real. Esses avanços tecnológicos são fundamentais para alcançar uma cafeicultura mais sustentável, reduzindo a dependência de agrotóxicos e promovendo práticas agrícolas mais ecológicas.

A redução do uso de fertilizantes químicos traz benefícios para o meio ambiente e ajuda a reduzir as emissões de GEE, sobretudo a do óxido nitroso (N_2O), que é 265 vezes mais potente que o CO_2 (Carvalho et al., 2021). Atualmente, diversas tecnologias têm sido cada vez mais adotadas, incluindo análise de solo e folhas, compostagem, adubação verde, uso de esterco e fertirrigação. Além disso, observa-se crescente adoção de tecnologias associadas à agricultura de precisão, como mapas de fertilidade e uso de drones, além de biofertilizantes e SAFs. Outras inovações, como análise multiespectral do cafezal, uso de microrganismos para melhorar a eficiência nutricional das plantas, disponibilização de nanofertilizantes, manejo da microbiota do solo e melhorias em softwares para recomendação de fertilizantes, já estão sendo testadas. Todas

essas abordagens, de forma integrada, visam reduzir significativamente o uso de fertilizantes químicos no cafezal sem comprometer sua produtividade.

Novas tecnologias, algumas já utilizadas de forma incipiente, permitem vislumbrar uma cafeicultura com menor dependência de mão de obra com baixa qualificação. Entre essas tecnologias, destacam-se o aperfeiçoamento de máquinas e robôs para colheitas e podas eficientes, o uso de drones para diversas tarefas no campo, bem como o suporte da agricultura de precisão, da IoT e da IA, além do uso de softwares de gestão automatizada. Essas inovações não apenas ajudam a enfrentar os desafios de escassez de mão de obra, mas também melhoram a eficiência operacional e reduzem custos. Com isso, contribuem para uma produção mais sustentável e rentável, transformando a forma como se cultiva café.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Café no Brasil e Ementário do Café**. Brasília, DF: Mapa, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Instrução Normativa nº 49, de 24 de setembro de 2013**. Disponível em: <https://sislegis.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=707092197>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, A. D.; REIN, T. A. **Qual é o impacto da adubação nitrogenada e práticas agrícolas na emissão de N_2O ?** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 34 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 47). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134975/1/CT-47-Armanda-Ainfo.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2025**. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe/2o-levantamento-de-cafe-safra-2025/boletim-cafe-maio-2025>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal dezembro 2024**. Cecafé, 2024. Disponível em: <https://www.aeb.org.br/wp->

<content/uploads/2025/01/CECAFE-Relatorio-Mensal-DEZEMBRO-2024.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

Literatura recomendada

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Creativa, 2004. 52 p. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20-%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Cati, 1994. (Cati. Manual, 38). Disponível em: https://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/manejo_conservacao_solo/manualAguaSolo.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. Ufla, 2008. 631 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Normas técnicas específicas para a produção integrada de café**. Brasília, DF. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arquivos-publicacoes-producao-integrada/normas-tecnicas-especificas-para-a-producao-integrada-de-cafe.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CARVALHO, C. H. S. de; BARTELEGA, L.; SERA, G. H.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. de; SANTINATO, F.; HOTZ, A. L. **Catálogo de cultivares de café arábica**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2022. 115 p. (Embrapa Café. Documentos, 16). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1145722/1/v18-09-09-22-Embrapa-Cafe-Docmentos-16.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D.; ANDRADE, V. T.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. P. F. **Cafeicultura do cerrado**. Belo Horizonte: Epamig, 2021. 563 p.

CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 73 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/663946/1/CNPMAMAN.DETEC.DEAPLIC.DEAGROT.092.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

EMBRAPA. **Manual de segurança e qualidade para a cultura do café**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 83 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio: CNI/Senai/Sebrae/Embrapa. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/111868/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadocafe.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (ed.). **Café Conilon**. 2. ed. Vitória, ES: Incaper, 2017. 784 p. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cafe_Conilon_2.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

FERREIRA, W. P. M. **Boas práticas agrícolas aplicadas à lavoura cafeeira para o estado de Minas Gerais**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2022. 139 p. (Embrapa Café. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1148365/1/Sistemas-de-Producao-1-Cafe.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. de; CANIL, K.; SOUZA, M. D. de; GOMES, M. A. F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 7 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 22). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915009/1/Circular22.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GASPAROTTO, I.; PEREIRA, J. C. R. **Manuseio de defensivos agrícolas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 24 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 11). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/670822/1/Doc11.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

GUYOT, M. S. D.; GONÇALVES, E. T. **Boas práticas de produção de café: serviços ecossistêmicos e serviços ambientais**. Piracicaba: Imaflora, 2019. 24 p. <https://www.cepf.net/resources/documents/booklet-good-coffee-production-practices>. Acesso em: 28 abr. 2025.

LEAL, J. T. da C. P.; FERNADES, M. R.; PEREIRA, R. T. G. **Boas práticas ambientais na cafeicultura**. Belo Horizonte: Emater, MG, 2012. 64 p. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Boas_praticas_ambientais_na_cafeicultura.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T. de; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. *Irriga*, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.

MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E. de; CARVALHO, J. S.; FABRI JUNIO, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. de; ARAÚJO, W. G. de. **Manual do café: colheita e preparo** (*Coffea arábica* L.). Belo Horizonte: Emater, MG, 2016. 52 p. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_colheita_preparo.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

MESQUITA, C. M.; REZENDE, J. E. de; CARVALHO, J. S.; FABRI JUNIO, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. de; ARAÚJO, W. G. de. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: Emater, MG, 2016. 72 p. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_manejo_cafezais_producao.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

PREZOTTI, L. C.; MORELI, A. P.; SOARES, S. F.; ROCHA, A. C. da. **Teores de nutrientes nas águas residuárias do café e características químicas do solo após sua aplicação**. Vitória: Incaper, 2012. 24 p. (Incaper. Documentos, 208). Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/>

Capítulo 6

Práticas sustentáveis para o café

[bitstream/item/30/1/TEORES-DE-NUTRIENTES-NAS-AGUAS-RESIDUARIAS.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/item/30/1/TEORES-DE-NUTRIENTES-NAS-AGUAS-RESIDUARIAS.pdf). Acesso em: 28 abr. 2025.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da. (ed.). **Café Árábica do plantio à colheita**. Lavras: Epamig, 2011. 895 p.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. (ed.). **Café Árábica da pós-colheita ao consumo**. Lavras: Epamig, 2011. 2 v. 734 p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p. (Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35). Disponível em: [nfoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf). Acesso em: 28 abr. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Fogo: prevenção e controle no meio rural**. Brasília, DF: Senar, 2018. 88 p. (Coleção SENAR, 227). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/227-FOGO.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SILVA, J. S.; DONZELES, S. M. L.; SOARES, S. F.; MORELI, A. P.; VITOR, D. G. **Lavadores e sistema de reúso da água no preparo do café**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2014. 12 p. (Embrapa Café. Circular técnica, 4). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/982213/1/Lavadoresesistemadereusodaagua.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SOARES, S. F.; MORELI, A. P.; DONZELES, S. M. L.; PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. da. **Efeitos da água residuária do café em plantas e no substrato de cultivo de aveia, milho e alface**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2010. 8 p. (Embrapa Café. Comunicado técnico, 1). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/887303/1/Efeitosdasaguas.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SOARES, S. F.; MORELI, A. P.; DONZELES, S. M. L.; PREZOTTI, L. C. **Reúso da água na produção de café cereja descascado**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2013. 8 p. (Embrapa Café. Circular técnica, 1). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/963032/1/Reusodaagua.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.





Capítulo 7

Práticas sustentáveis para a pecuária a pasto

Patrícia Menezes Santos | Daniel Luis Mascia Vieira | Francisco de Brito Melo |
Mariana de Aragão Pereira | Milena Ambrosio Telles | Rafael Gonçalves Tonucci |
Sandra Aparecida Santos | Sérgio Raposo de Medeiros | Wenceslau Geraldês Teixeira |
Alberto Carlos de Campos Bernardi | Fabiana de Gois Aquino | Maurílio Fernandes de Oliveira

Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador de carne bovina do mundo, com um rebanho estimado de 197 milhões de cabeças em 2023, aproximadamente 11 milhões de toneladas de equivalente carcaça produzidas (13,8% da produção global) e 22,9 milhões de toneladas de equivalente carcaça exportadas (18,7% da carne comercializada no mundo) (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2024). Em 2023, o sistema agroindustrial da carne bovina movimentou R\$ 895 bilhões (8,2% do produto interno bruto – PIB brasileiro) (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2024). A produção de leite, presente em 98% dos municípios brasileiros e em mais de 1 milhão de estabelecimentos rurais, principalmente em pequenas e médias propriedades, representa uma importante atividade econômica e social (Brasil, 2024). Dados do Censo Agropecuário mostram que, em 2017, a pecuária bovina empregava cerca de um terço do pessoal ocupado na agropecuária (Santos et al., 2024).

A produção de carne e leite no Brasil está fortemente associada às pastagens. O Brasil possui

aproximadamente 160 milhões de hectares de pastagens distribuídos por todo o território nacional, porém com diferenças marcantes entre as regiões. As pastagens naturais, que ocupam cerca de 50 milhões de hectares, se concentram na Caatinga (região Nordeste), no Pampa (região Sul) e no Pantanal (região Centro-Oeste), regiões com restrições ao cultivo agrícola ou à implantação de pastagens plantadas (IBGE, 2017). As pastagens plantadas estão presentes em cerca de 110 milhões de hectares e podem ser encontradas em todas as regiões. Na maior parte delas, as espécies forrageiras utilizadas são gramíneas africanas melhoradas para aumentar produtividade, resistência às pragas e adaptação às diferentes condições de clima e de solo dos diferentes biomas (De Mori et al., 2024).

Apesar de as regiões brasileiras serem caracterizadas por padrões de produção (Fasiaben et al., 2013) há grande variedade de sistemas de produção em cada bioma (Souza Filho et al., 2011). A adoção de tecnologias pelos produtores é influenciada por diversos fatores, como: tamanho da propriedade, risco e incerteza, capital humano, forma de domínio sobre a terra (arrendamento,

parceria, direitos de propriedade), disponibilidade de crédito, trabalho e outros (Souza Filho et al., 2011). Portanto, recomendações de boas práticas de produção devem se ajustar em razão das características socioeconômicas do produtor, da produção e da propriedade rural.

As projeções de aumento de demanda por alimentos, fibra e energia bem como as pressões pela redução de desmatamento e pela adoção de sistemas sustentáveis têm estimulado o debate sobre a ocupação e uso da terra. As pastagens, como principal forma de uso da terra (IBGE, 2017), ocupam posição de destaque nessas discussões. O uso de pastagens em degradação pode ser otimizado por meio da recuperação do pasto, da sua conversão em agricultura, floresta ou pela recuperação da vegetação nativa.

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes diretamente da pecuária em pastagens provêm, principalmente, do metano (CH_4) entérico e do óxido nitroso (N_2O) dos dejetos (urina e fezes). Há, também, a emissão de N_2O pelo uso de fertilizantes nitrogenados. A agricultura brasileira foi responsável por 28% das emissões de GEE do País em 2023 (631 Mt $\text{CO}_2\text{-e}$), sendo 64% deste valor de origem da fermentação ruminal e 4,6% no manejo de dejetos animais (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023).

A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) é um instrumento de política pública que poderá orientar fluxos de investimentos financeiros nacionais e internacionais para direcionar as transformações da pecuária no intuito de sistemas de produção cada vez mais sustentáveis, contribuindo para objetivos globais, como: mitigação e adaptação às mudanças do clima; proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas; conservação e uso sustentável do solo e da água; transição para uma economia circular; e prevenção e controle de contaminação (Brasil, 2025).

É fundamental, contudo, que a implementação dessas mudanças considere a realidade e as dificuldades de segmentos vulneráveis, como pequenos e médios produtores, garantindo sua inclusão e acesso a apoio (como assistência técnica e crédito) para evitar a exclusão social ao longo do processo.

Contribuições dos sistemas a pasto para os objetivos da Taxonomia Sustentável Brasileira

A adoção de práticas sustentáveis na pecuária a pasto, conforme detalhado neste capítulo, representa uma contribuição à TSB, especialmente no que se refere às práticas sustentáveis estabelecidas para a produção agropecuária. A formação adequada de pastagens, com escolha criteriosa de cultivares adaptadas, correção e adubação do solo, uso de sementes de qualidade e semeadura em épocas de menores riscos climáticos, pode promover a mitigação das mudanças climáticas ao aumentar a eficiência da produção e reduzir a necessidade de abertura de novas áreas. Essas práticas também contribuem para o uso sustentável do solo e a proteção dos recursos hídricos ao promover maiores taxas de infiltração e reduzir processos erosivos hídricos. Além disso, práticas como o uso de bioinsumos e a integração lavoura-pecuária (ILP) favorecem a transição para uma economia circular ao reduzirem a dependência de insumos externos e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos.

Complementarmente, estratégias como o manejo de campos nativos com foco na conservação da vegetação natural, a incorporação de espécies arbóreas nos sistemas produtivos e o planejamento nutricional de precisão demonstram forte alinhamento com os objetivos da proteção da biodiversidade e da adaptação às mudanças climáticas. O uso de tecnologias, como adubação verde, suplementação animal

com coprodutos e controle sanitário, reforça o compromisso com a prevenção da contaminação ambiental e o bem-estar animal, pilares centrais da sustentabilidade no campo. Assim, a implementação integrada dessas práticas não apenas melhora a produtividade e rentabilidade dos sistemas de pecuária a pasto, mas também promove maior sustentabilidade, atendendo aos critérios técnicos e ambientais da TSB.

Este capítulo apresenta uma base técnica e conceitual para orientar decisões e estimular a adoção de práticas sustentáveis aplicadas à pecuária a pasto que contribuem para o alinhamento do setor aos objetivos da TSB, destacando como essas práticas promovem a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a conservação do solo e da água, a proteção da biodiversidade e o avanço rumo a sistemas produtivos mais circulares, resilientes e responsáveis ambientalmente. Ressalta-se que o capítulo não esgota o tema e que as informações aqui reunidas são dinâmicas, estando sujeitas a atualizações, conforme surgem novas evidências científicas, inovações tecnológicas e diretrizes normativas que impactam o conceito e a prática da sustentabilidade na pecuária a pasto.

Objetivo 1 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Mitigação da mudança do clima

Os sistemas de produção animal a pasto apresentam inúmeras oportunidades para a mitigação das mudanças climáticas. Práticas relacionadas à implantação, manejo e uso dos pastos podem contribuir para aumentar o sequestro de carbono no solo (Oliveira et al., 2022; Fronza et al., 2024; Bento et al., 2025). Além disso, a introdução do componente arbóreo nos sistemas de produção pode proporcionar o sequestro de carbono na biomassa. O sequestro de carbono no solo ocorre quando restos de plantas e raízes se decompõem e ficam armazenados na forma de matéria orgânica do solo, enquanto o sequestro na biomassa ocorre quando o carbono é

capturado da atmosfera e guardado no tronco, galhos e folhas das árvores. Por sua vez, práticas agropecuárias de alimentação, manejo e reprodução animal podem contribuir para a redução da intensidade das emissões de CH₄, que é liberado pelo ruminante no ambiente.

O balanço de carbono no solo depende do aporte de material orgânico e dos processos de decomposição/mineralização e humificação da matéria orgânica (Silva; Mendonça, 2007). Pastos bem formados e manejados adequadamente apresentam maior produtividade primária líquida, contribuindo para o aporte de material orgânico no solo, o aumento do estoque de carbono orgânico do solo (Tonucci et al., 2017; Tonucci et al., 2023; Pinheiro et al., 2025) e o sequestro de carbono no solo (Oliveira et al., 2022; Fronza et al., 2024; Bento et al., 2025). Além disso, a má formação e falhas no manejo são algumas das principais causas de degradação das pastagens (Dias-Filho, 2011). Ciclos subsequentes de formação e degradação das pastagens podem implicar a redução da cobertura e o revolvimento do solo em períodos de tempo mais curtos, o que desfavorece a sua multifuncionalidade (Silva-Olaya, 2024; Luz et al., 2025).

O manejo adequado das pastagens depende de práticas como o planejamento da produção de forragem, o manejo da desfolha (corte ou pastejo) e da fertilidade do solo. As bases teóricas para a otimização do crescimento das plantas e da eficiência de utilização de forragem estão bem estabelecidas na literatura (Hodgson; Illius, 1996; Hopkins, 2000; Silva et al., 2009). Diferentes combinações de métodos de pastejo e de frequência e intensidade de desfolha podem ser necessárias para ajustar a disponibilidade de forragem à demanda dos animais ao longo do ano, o que dificulta o estabelecimento de regras únicas. Dessa forma, as orientações de manejo da pastagem devem ser estabelecidas em razão das características de cada sistema de produção e das recomendações técnicas disponíveis para cada tipo de pasto. O uso de bioinsumos e de

práticas de adubação orgânica, de adubação verde, de leguminosas forrageiras consorciadas com gramíneas e de agricultura de precisão também pode favorecer o aumento do sequestro de carbono.

O uso de fertilizantes químicos e orgânicos deve respeitar três premissas: 1) uso nas condições climáticas corretas, 2) com a quantidade correta de fertilizante e 3) na época certa do desenvolvimento da cultura. Essas premissas fazem parte do conceito de balanço de nutrientes, que, quando respeitado, minimiza os potenciais impactos negativos do uso de fertilizantes, como a degradação do solo, poluição das águas e emissão de GEE. O balanço de nutrientes é considerado, internacionalmente, um instrumento de gestão ambiental em propriedades rurais (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2008; FAO, 2019).

Sistemas integrados de produção com a presença do componente arbóreo e o uso de quebra-ventos, faixas de vegetação arbórea ou manutenção de árvores dispersas no sistema contribuem para o sequestro de carbono, tanto no tronco quanto no solo, e também para o bem-estar animal (Lemes et al., 2021; Oliveira et al., 2022). Além disso, quando são utilizadas espécies nativas, essas práticas contribuem ainda para a manutenção da biodiversidade. Para a introdução de espécies arbóreas, é importante observar aspectos como: escolha das espécies forrageiras e arbóreas; densidade e arranjo das espécies arbóreas e manejo da sombra.

A recuperação e o enriquecimento das áreas de pastagem natural visam restabelecer sua multifuncionalidade, que inclui também o sequestro de carbono no solo e a redução da pressão de pastejo sobre a vegetação nativa, mais sensível ao pastejo intensivo (Tonucci et al., 2023; Primo et al., 2024). A legislação relacionada ao uso de pastagens naturais é específica para cada tipo de vegetação e busca estabelecer normas para o uso sustentável dessas pastagens.

A intensificação da produção por práticas sustentáveis representa uma oportunidade de redução das emissões de GEE (Congio et al., 2021; FAO, 2023). A intensificação, entre outras coisas, reduz a necessidade por área, o que é relevante, pois quase 50% das emissões brasileiras em 2023 foram decorrentes de Mudança do Uso da Terra e Floresta (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023): 1.062 Mt CO₂-e no total de 2.296 Mt CO₂-e. Por sua vez, existe uma forte motivação para o desmatamento em razão de especulação imobiliária (Silva et al., 2021a).

O CH₄ representa a maior parte da emissão pecuária (64%) da agropecuária (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023). Há uma relação inversa entre a qualidade da dieta, especialmente sua digestibilidade, e a emissão de CH₄ por quilograma de matéria seca ingerida (Hristov et al., 2013). Como, ao mesmo tempo, aumenta-se a produção, há uma redução da intensidade de emissão (quilograma de GEE por quilograma de produto). Por fim, com maior produtividade, mais carne ou leite produzido por animal, a mesma demanda é atendida com menos animais. É nessa sequência de eventos que a intensificação da produção pode ajudar a reduzir as emissões absolutas, desde que a redução da intensidade de emissão seja proporcionalmente maior que o aumento da demanda (Beauchemin et al., 2020). Complementarmente, a redução do efetivo de categorias que apenas emitem GEE, sem contrapartidas de produção — como vacas vazias e fêmeas de reposição tardiamente entrando em serviço reprodutivo —, evita que animais, no período da seca, continuem a emitir GEE sem ganho de peso. Essas ações podem ter grande efeito na redução absoluta de emissão.

Aumentos de ganho de peso (e consequentemente redução da intensidade de emissão de CH₄) podem ser obtidos com suplementação de animais em pastejo com sal ureado, suplementos proteicos e proteicos-energéticos de baixo/

médio consumo ou uso de suplementos concentrados de alto consumo, e, ainda, com a suplementação de volumoso (fenos, silagens, capineiras, etc.). Ganhos ainda mais elevados podem ser obtidos com animais em confinamento. Em todos os casos, é possível a inclusão de aditivos alimentares que podem melhorar o desempenho e/ou reduzir a emissão de CH_4 . A fertilidade dos animais pode ser aumentada, tendo as fêmeas ao parto em boa condição corporal e mantendo essa condição até o parto seguinte, pelo bom manejo do pasto e suplementação mineral. Também com o uso de todas as demais formas de suplementar animais em pastejo ou, até, dar dietas completas às fêmeas em confinamento. No caso de novilhas, confiná-las antecipa a idade da primeira parição, o que também pode ser obtido com todas as formas de suplementação já citadas em pastagem. Há, também, o creep-feeding (opção que apenas o bezerro tem acesso ao suplemento) na pré-desmama, com a oferta de alimentos concentrados. Ela é uma opção válida se os ganhos de peso subsequentes forem iguais ou maiores aos obtidos nessa fase. Aumentos de fertilidade podem ser obtidos com o uso de técnicas reprodutivas, como inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e a transferência de embriões (TE), especialmente por permitirem o uso de sêmen e óvulos de animais geneticamente superiores. O investimento em animais melhorados dessa forma ou com o uso de touros melhorados é um importante meio de aumentar a produtividade, sendo importante ressaltar que as condições do meio produtivo, especialmente quanto à nutrição e à sanidade, precisam ser adequadas à genética em uso. O que se aplica, também, ao uso do cruzamento industrial, no qual características complementares são reunidas na progênie, que ainda tem ganhos por causa da heterose.

Os resíduos orgânicos sólidos e líquidos representam fontes de emissões de GEE na produção animal, em especial em sistemas de produção que fazem o manejo desses resíduos. Durante

o armazenamento/tratamento e disposição no solo como fertilizante, os resíduos podem emitir CO_2 , CH_4 e N_2O . O tratamento dos resíduos líquidos por biodigestores é uma forma de mitigar as emissões de GEE na forma de CH_4 , o qual pode ser utilizado como fonte de energia térmica ou elétrica. Outras tecnologias também podem reduzir as emissões de GEE pelos resíduos líquidos: separação de fases, agitação e redução do tempo de retenção hidráulica. Quanto aos resíduos sólidos, a compostagem é uma tecnologia a ser considerada. No uso dos resíduos como fertilizante, deve-se privilegiar a incorporação ao invés da aplicação superficial.

Objetivo 2 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Adaptação às mudanças do clima

Os cenários futuros de clima apontam o aumento de temperatura e da frequência de eventos extremos, incluindo períodos de seca severa. O uso de recursos genéticos vegetais e animais mais bem adaptados aos cenários futuros representa importante estratégia de adaptação.

O uso de forrageiras adaptadas aos cenários de mudanças climáticas reduz o risco de falta de alimento para os animais e de degradação da pastagem. A falta de água é um dos principais fatores de estresse abiótico observado em pastagens, reduzindo a produção de forragem e a persistência das plantas. Em condições de seca extrema prolongada associada a outros fatores como superpastejo, pode haver o aparecimento de muitas pragas, como as lagartas desfolhadoras, percevejo-castanho, entre outras.

Diante das mudanças climáticas e da existência da diversidade de recursos forrageiros nativos naturalmente adaptados às diferentes condições ambientais, torna-se relevante a intensificação do uso de materiais que possuam características adaptativas e resiliência às mudanças extremas do clima nos programas de seleção e melhoramento de forrageiras (Indu et al., 2022).

As espécies e populações de plantas podem se adaptar fisiológica e morfológicamente sob determinadas variações climáticas (Baron; Bélanger, 2020). Na Tabela 7.1 constam algumas das principais características das plantas adaptadas ao déficit hídrico, assim como exemplos das espécies de forrageiras.

Além da importância das características de adaptação, a capacidade das plantas de se recuperarem e/ou resistirem à seca é de extrema importância, pois muitas espécies podem perder a capacidade de sobrevivência, desencadeando um processo de degradação. Cuidados devem ser tomados para prevenir a morte das raízes e caules para auxiliar na rebrota após as primeiras chuvas (Simpson et al., 2024).

O uso de espécies, de raças e linhagens de animais adaptados aos cenários de mudanças climáticas reduz o risco de baixo desempenho dos animais em razão de fatores de estresse bióticos e abióticos, incluindo a infestação por parasitas e a ocorrência de doenças. A utilização de animais tolerantes ao estresse térmico e quaisquer adversidades contribui para a redução de emissão de CH₄ e a sustentabilidade do sistema de produção. O melhoramento genético do rebanho permite a adequação dos recursos genéticos aos cenários de mudanças climáticas em médio e longo prazo.

No Brasil, predomina o gado Nelore (*Bos taurus indicus*), que, por ser originário da Índia, já tem uma boa tolerância ao calor. Ainda assim, já há resultados mostrando que ele se beneficia da sombra dos sistemas silvipastoris e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), especialmente com relação às matrizes em reprodução.

O acesso à sombra, natural ou artificial, também representa uma importante medida de adaptação às mudanças climáticas (Lemes et al., 2021). Os animais, quando em estresse térmico, buscam áreas sombreadas como estratégia para aliviar esse desconforto.

Objetivo 3 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas

Pastagens cultivadas

Pastagens cultivadas podem contribuir para a manutenção parcial da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e da resiliência dos ecossistemas naturais. É comum que produtores rurais mantenham árvores nativas adultas nas áreas de pasto. Comparadas a sistemas agrícolas intensivos, as pastagens tendem a conservar o banco de rebrotas de algumas espécies nativas no subsolo, favorecendo a regeneração natural da vegetação nativa, especialmente caso a área seja eventualmente abandonada ou destinada à restauração ecológica. A complexidade da vegetação nas pastagens e seu manejo sem revolvimento do solo favorecem microrganismos e animais, resultando em maior densidade e diversidade biológica em comparação com outros tipos de uso do solo. A provisão de serviços ecossistêmicos pode ser ampliada com práticas de manejo que favorecem a biodiversidade (Bruziguessi et al., 2021; Vieira et al., 2022).

A infestação por espécies não forrageiras, geralmente nativas e resilientes ao manejo da pastagem, reduz a produtividade das forrageiras, mas ainda assim desempenham funções ecossistêmicas importantes. Algumas classificações de pastagens consideram essa degradação agrônômica como vegetação secundária ou em regeneração (Vieira et al., 2022; Silva et al., 2023a). Manter parte dessa regeneração para estabelecer sistemas silvipastoris com árvores nativas ou convertê-las em áreas de restauração da vegetação nativa são soluções de conversão sustentáveis e eficientes (Bruziguessi et al., 2021; Vieira et al., 2022; Silva et al., 2023b).

A intensificação sustentável busca integrar agricultura e espécies nativas (plantas, agentes de controle biológico e ciclagem de nutrientes, polinizadores) para aumentar a multifuncionalidade

Tabela 7.1. Principais características morfológicas e fisiológicas de plantas adaptadas ao deficit hídrico.

Característica morfológica	Função
Sistema radicular profundo e desenvolvido	Permite maior absorção de água e nutrientes nas camadas mais profundas do solo [nitrogênio (N), fósforo (P), etc.] durante períodos de escassez de água. Este aprofundamento é proporcionado pela maior concentração de ácido abscísico (ABA) (Bianchin et al., 2016).
Sistema radicular com maior distribuição na camada superficial	Permite maior alocação de nutrientes nas camadas mais superficiais (Nippert; Holdo, 2015). Na camada superficial do solo, tem recursos imóveis como o potássio (K) e o fósforo (P) (Kalra et al., 2023).
Enrolamento das folhas	Muda a turgidez da célula do mesófilo e da epiderme. Ocorre no declínio da evapotranspiração e é um mecanismo que reduz a transpiração (Simpson et al., 2024).
Bainha radicular	Mantém o contato da raiz com o solo, melhorando a absorção de água (Aslam et al., 2022).
Folhas estreitas com cutícula espessa	A presença de cutícula espessa previne a perda de água por evapotranspiração (Esposito-Polesi et al., 2011).
Presença de tricomas e ceras epicuticulares	Protege as plantas da radiação ultravioleta e protege contra os estresses ambientais (Ahmad et al., 2015).
Aumento da relação sistema radicular/parte aérea	Com o aumento da relação, as raízes se tornam mais ativas durante o deficit hídrico (Kalra et al., 2023), importante na absorção em relação à transpiração para tolerância ao estresse hídrico (Pallardy, 2008).
Característica fisiológica	Função
Capacidade de manter a fotossíntese ativa ou eficiência da fotossíntese	Característica relacionada à fuga da seca (Kalra et al., 2023). Esta pode ser determinada pela variação da extensão da fotossíntese avaliada pela clorofila (pigmento fotossintético). A concentração de clorofila está diretamente relacionada com a capacidade de a planta absorver luz e converter em energia (Sallam et al., 2019).
Capacidade de rebrota pós-estresse de deficit hídrico	Tem relação com a intensidade da seca e com os danos sofridos durante a seca. Idealmente, manter raízes e caules (Simpson et al., 2024).
Ciclo de vida das plantas	Plasticidade de encurtar ou prolongar o ciclo de vida (Bianchi et al., 2016). É reduzido para não enfrentar estresse hídrico (Moradi, 2016). Apresenta floração precoce como fuga da seca ou crescimento rápido para completar o ciclo de vida (Kalra et al., 2023).
Acúmulo de vários osmólitos	Característica relacionada com tolerância à seca. Acumulam prolina e glicina, que aumentam a biossíntese da lignina, que auxilia na manutenção das membranas (Kalra et al., 2023).
Heliotropismo	Permite que a planta maximize a fotossíntese ou reduza a perda da água.
Uso eficiente da água	Condutância estomática (gs) e potencial hídrico foliar são indicadores de tolerância e eficiência no uso da água. Há uma correlação positiva entre gs e produção de biomassa (Kørup et al., 2017).
Armazenamento da água	O grau de deficit de armazenamento de água no solo é menor nas pastagens naturais do que nas plantadas, portanto, pastagens naturais podem contribuir com a sustentabilidade hídrica. A relação da evapotranspiração (ET) e precipitação (P) em pastagens cultivadas é maior (Huang et al., 2021).

dos sistemas de produção, promovendo produtividade agrícola sustentável e conservação de parte da biodiversidade local (Garnett et al., 2013). Pastagens bem manejadas e com intensificação sustentável (plantio de espécies nativas e uso de leguminosas, por exemplo) permitem a provisão de alguns serviços ecossistêmicos, como a manutenção de parte da biodiversidade e seu papel na expressão de outros serviços, tais como: ciclagem de nutrientes; produção de biomassa e manutenção da qualidade do solo. (Bruziguessi et al., 2021; Vieira et al., 2022).

No Cerrado, é comum encontrar pastagens com árvores nativas em propriedades de diversos tamanhos, níveis de tecnologia e taxas de lotação animal¹ (Bruziguessi et al., 2021). Nesse caso, há grande diversidade de árvores adultas e a área apresenta alta capacidade de regeneração natural, caso seja destinada à restauração ecológica ou manejada para criação e manutenção de sistemas silvipastoris. Em ambiente alterado de pastagem, a densidade média de árvores de espécies nativas dispersas no Cerrado é de 3,51 árvores por hectare. As árvores mais frequentes têm alto valor de uso, como a árvore madeireira aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), a frutífera pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) e a castanheira baruzeiro (*Dipteryx alata*) (Bruziguessi et al., 2021; Silva et al., 2021b). Existem pastagens produtivas com alta densidade e riqueza de árvores, que podem ser usadas como modelos para estratégias de intensificação sustentável em diferentes ecorregiões do Cerrado (Bruziguessi et al., 2021).

Para o Pantanal, Pott e Pott (2003) sugeriram 116 espécies lenhosas nativas com potencial de uso em sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul, tais como bocaiúva (*Acrocomia* spp.), buriti (*Mauritia flexuosa*), chico-magro, cumbaru (*Dipteryx alata*), embaúba (*Cecropia pachystachya*), ingá (*Inga* sp.), jatobás (*Hymenaea* spp.), pequi

(*Caryocar brasiliense*), periquiteira (*Guazuma ulmifolia*) e tarumã (*Vitex megapotamica*), louro-preto (*Cordia glabrata*). Algumas formações vegetais como campo cerrado e cerrado em processo de degradação podem ser adensadas com pastagens cultivadas, mantendo as espécies lenhosas nativas e conservando o padrão natural da paisagem (Santos et al., 2009).

Pastoreio sobre campos e savanas nativos

Campos e savanas em diferentes biomas brasileiros têm sido historicamente utilizados para o pastoreio de gado. Quando manejado adequadamente, o gado não causa alterações significativas na estrutura e no funcionamento desses ecossistemas, nem na diversidade de espécies, podendo, em alguns casos, aumentar a disponibilidade de espécies (Conrado et al., 2019). O manejo adequado do pastoreio tem sido usado como ferramenta para a conservação e a restauração de ecossistemas campestres e savânicos em várias regiões do mundo. O pastejo por grandes herbívoros é um fator evolutivo e histórico que ajudou a moldar ecossistemas gramíneos. O gado pode restabelecer o pastoreio que foi interrompido por causa de extinções definitivas ou locais.

Em savanas e campos, a vegetação é dominada por elementos arbustivos e herbáceos, compondo um ambiente de grande importância para a biodiversidade e para o fornecimento de serviços ambientais essenciais (Tabela 7.2). Esses ecossistemas desempenham um papel fundamental na conservação dos recursos hídricos, armazenando água e alimentando aquíferos utilizados na agricultura. Grande parte da vegetação nativa não florestal no Brasil está situada em propriedades rurais, onde os remanescentes desempenham um papel crucial na conservação dos biomas. No Pampa, Pantanal e Caatinga, apenas 2,3, 4,6 e 5,2% da vegetação nativa estão protegidas em unidades de conservação (UCs), respectivamente, excluindo as áreas de proteção ambiental (APAs).

¹ Relação entre número de animais (expresso em cabeças ou unidades animais) e área de terra utilizada ao longo do tempo.

Tradicionalmente, a criação de gado em áreas de campo nativo ocorre de forma extensiva, com baixa densidade animal por hectare. Esse sistema de criação geralmente causa baixo impacto sobre o ecossistema, avaliado pela análise emergética por meio do índice de carga ambiental (ELR), que é a razão entre recursos renováveis e não renováveis que foi praticamente nula (0,014) em uma fazenda típica tradicional do Pantanal (Takahashi et al., 2010).

A biodiversidade presente nesses campos os torna ecossistemas de extrema importância biológica, com alto grau de endemismo de flora e fauna. Os campos nativos estão presentes em todos os biomas brasileiros e abrigam uma biodiversidade comparável à das florestas. Esses ecossistemas são altamente relevantes para a sociedade, fornecendo serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, a regulação dos ciclos hidro-

lógicos e a base para o turismo rural. O pastoreio aliado à conservação da biodiversidade nesses ecossistemas contribui para aumentar a resiliência dos sistemas produtivos locais às mudanças climáticas. Além disso, essas paisagens guardam não apenas a natureza, mas também as pessoas, seus modos de vida e sua cultura.

Sistemas silvipastoris (SSP) naturais no Pantanal integram espécies de plantas arbustivas e herbáceas, especialmente gramíneas forrageiras nativas, típicas de áreas de savana, com pastejo de animais domésticos e silvestres (Santos et al., 2009). As formações campestres consistem em torno de 50% (MapBiomas, 2023) da planície, e a disponibilidade de forrageiras varia em razão de vários fatores causados por distúrbios naturais (seca, inundação, fogo, etc.) e de manejo (fogo, alta taxa de lotação animal, método de controle/limpeza, etc.). A intensidade e a frequência desses

Tabela 7.2. Características ecológicas e produtivas de diferentes sistemas de pastagens e suas contribuições para serviços ecossistêmicos.

Características dos sistemas	Pastagem convencional produtiva	Sistemas silvipastoris com árvores nativas	Campos e savanas sob pastejo
Diversidade funcional e de espécies	Normalmente uma variedade de capim	Normalmente uma variedade de capim e até dezenas de espécies de árvores	Ecossistemas têm centenas de espécies de ervas, arbustos e árvores, além dos microrganismos e fauna associada
Seleção de plantas	Selecionado	Misto	Natural e misto
Produtividade da pastagem	Alto	Alto	Baixa a alta
Utilização de insumos externos	Alto	Alto	Ausente
Potencial de regeneração da vegetação nativa	Baixo	Médio	Alto
Conservação da água	Alta infiltração e baixo escoamento superficial. Porém, expõe o solo a cada renovação	Alta infiltração e baixo escoamento superficial. Porém, expõe o solo a cada renovação	Alta infiltração e baixo escoamento superficial
Estoque de carbono	Alto estoque no solo	Alto estoque no solo. Estoque complementar nas árvores	Médio a alto estoque no solo. Alto estoque nas árvores

distúrbios podem causar modificações no ecossistema, como também produzir ambientes favoráveis para a colonização de plantas não desejáveis, consideradas “invasoras”. A frequência de uso dessas áreas está, provavelmente, relacionada com a maior ou menor presença de água nos campos e com as condições das pastagens, mostrando que nem todas são usadas na mesma intensidade pelos bovinos. O sistema de pastejo geralmente é contínuo, mas estudos têm mostrado a possibilidade de implantação de sistemas de pastejo rotacionado (Eaton et al., 2011) e diferido em alguns tipos de pastagens nativas, cuja decisão de manejo é adaptativa (flexível), especialmente para as pastagens localizadas nas áreas úmidas, onde a disponibilidade depende do grau de inundação, que é variável entre anos (Santos; Cardoso, 2017).

De maneira geral, as unidades de manejo do Pantanal são grandes e apresentam formações vegetais de floresta, savana e campo dispostas geralmente em mosaico. Aquelas que possuem maior proporção de unidades de paisagem preferidas, como campo limpo e bordas de corpos d’água, apresentam maior capacidade de suporte², enquanto áreas com predominância de capins de baixa qualidade e áreas de savana apresentam uma menor capacidade de suporte. Segundo Santos et al. (2014), um dos indicadores da aptidão produtiva das fazendas no Pantanal é a proporção de formações vegetais savana/campestres. Como as áreas de florestas são usadas eventualmente pelos bovinos, estas geralmente não são consideradas na estimativa da capacidade de suporte, que deve ser flexível em razão da disponibilidade de forrageiras.

Na Caatinga, onde predomina a formação vegetal arbustivo-arbórea e a formação arbórea principalmente nas encostas das serras e nos

vales dos rios, a vegetação consiste na maior fonte alimentar de pequenos ruminantes. A vegetação dominante pertence às famílias das leguminosas e euforbiáceas, sendo que muitas são de potencial forrageiro. Essas são raleadas e enriquecidas com leguminosas lenhosas de bom valor forrageiro e com espécies de gramíneas, como a do gênero *Cynodon* e outras gramíneas tropicais (Guedes et al., 2018).

Objetivo 4 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas

A conservação do solo e a adoção de práticas de manejo adequadas são fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas de produção a pasto, garantindo a saúde do solo (Lehmann et al., 2020; Costa et al., 2025) e a produtividade das pastagens em longo prazo. A conservação do solo permite que o solo mantenha sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais. Solos bem conservados e saudáveis são a base para sistemas de produção sustentáveis, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais, como ciclagem de nutrientes, armazenamento de carbono, regulação do ciclo da água e manutenção da biodiversidade (Bünemann et al., 2018).

As práticas de manejo e conservação do solo e da água devem ser estabelecidas em razão das características de susceptibilidade a processos erosivos do terreno (incluindo classe de solo, relevo, inclinação e comprimento da rampa, cobertura do solo pelas pastagens). O manejo adequado das pastagens, com monitoramento da frequência e intensidade de desfolha, evita a compactação do solo e promove o crescimento saudável das plantas, contribuindo para a manutenção da cobertura do solo (FAO, 2023). O preparo do solo e o plantio em nível são práticas agrícolas que

² A maior taxa de lotação que permitirá alcançar um nível-alvo de desempenho animal em um sistema de pastejo específico, que pode ser aplicado por um período determinado sem causar degradação da pastagem.

reduzem as perdas de solo e água, além de favorecer a infiltração de água no solo, quando comparado ao plantio no sentido do declive (Bertoni; Lombardi Neto, 2005; Souza et al., 2021). A implantação de SSP é uma técnica viável para recuperar pastagens degradadas, melhorando atributos físicos, químicos e o estoque de carbono no solo, e contribuindo para uma agricultura mais sustentável (Souza et al., 2021). A rotação de pastagem com culturas agrícolas (ILP) diversifica o sistema, melhora a estrutura do solo e aumenta a ciclagem de nutrientes (Cordeiro et al., 2015). Por fim, práticas como plantio em contorno, terraceamento e faixas de vegetação ajudam a reduzir o escoamento superficial da água e a perda de solo por erosão (Bertoni; Lombardi Neto, 2005).

Nas áreas de carreadores e estradas, é preciso planejar o traçado em razão das características do local. Além disso, podem ser construídos camalhões e bacias de captação de água e sedimentação para reduzir a velocidade da água.

A restrição de acessos dos animais às áreas de preservação permanente (APPs), incluindo nascentes e mananciais, topos de morro e encostas com declividade superior a 45°, visa proteger o solo e a vegetação nativa e garantir a prestação de serviços ecossistêmicos. Como o acesso do gado à dessedentação é uma atividade de baixo impacto, é permitido por lei, porém, recomenda-se procurar os órgãos ambientais de cada estado para evitar a degradação da vegetação existente. Dependendo da forma do uso da água, há necessidade de outorga.

O monitoramento regular da qualidade do solo é essencial para avaliar a eficácia das práticas de conservação e identificar áreas que necessitam de intervenção. A análise de indicadores físicos, químicos e biológicos do solo fornece informações valiosas sobre a saúde do solo e orienta a tomada de decisões de manejo (Costa et al., 2025).

Objetivo 6 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Transição para uma economia circular

Um dos principais desafios na agropecuária é a produção de alimentos sem exaurir ou degradar os ecossistemas (Burggraaf et al., 2020). Com base nos princípios 3Rs (reduzir, reciclar e reutilizar) e na rede de simbiose (Therond et al., 2017; Hamam et al., 2023), a economia circular oferece uma visão holística dos sistemas, visando maximizar o uso dos recursos em circulação, reduzindo o uso de combustíveis fósseis e outros insumos, minimizando a perda de água e nutrientes do sistema, bem como estimulando o reúso e a reciclagem de subprodutos (Muscat et al., 2021).

Os subprodutos, nesse contexto, têm diversas aplicações, como na alimentação animal, bioenergia e biofertilizantes (Swastika et al., 2024). Sistemas de integração são exemplos concretos da economia circular “dentro da porteira”, aliando insumos biológicos e biodiversidade (Therond et al., 2017) à produção eficiente em uso de recursos e insumos (Swastika et al., 2024), pois combinam vários componentes em uma área, por meio de cultivos intercalados ou em rotação, o que gera sinergia e aumento da produção e de serviços ambientais (Reis et al., 2021). Resíduos agrícolas, como a resteva de milho ou soja da ILP, suplementam o rebanho, enquanto dejetos animais e raízes de forrageiras em decomposição fertilizam o solo para a próxima cultura.

Em se tratando de sistemas exclusivos de pecuária, o enfoque circular se dá mais fortemente pela busca da otimização no uso dos recursos, reduzindo o desperdício, o mau uso e, portanto, a demanda externa por insumos. Nessa linha, a adoção de tecnologias de precisão se destaca, especialmente no que se refere à aplicação eficaz de fertilizantes e corretivos, ajuste da taxa de lotação e suplementação alimentar estratégica (Bernardi et al., 2024). Nessa perspectiva,

também se justifica o uso de leguminosas, uma vez que esta forrageira favorece a redução da dependência de fertilizantes nitrogenados, com economias que podem chegar à ordem de até 150 kg/ha/ano de ureia (Homem et al., 2024).

O manejo de dejetos na pecuária é crucial para reduzir as emissões de GEE, aumentar a fertilidade do solo e melhorar a ciclagem de nutrientes, ao mesmo tempo que busca mitigar os efeitos de contaminação ambiental e de perdas de nutrientes. Em sistemas de pastejo, o que se almeja é uma distribuição adequada e equitativa em toda a área, com vistas à redução da demanda por fertilizante químico (Fronczak et al., 2020). Nesse aspecto, o sistema rotacionado se destaca em comparação ao sistema contínuo de pastejo, uma vez que, ao mover os animais entre os piquetes, promove-se, invariavelmente, maior espalhamento das fezes.

Para superar essa condição, uma das estratégias recomendadas em sistemas de pastejo contínuo é a utilização de cochos móveis, evitando que os animais defequem sempre no mesmo local (White et al., 2001). Já nos sistemas silvipastoris, a presença de maior número de árvores contribui para a melhor distribuição das fezes no sistema (Carnevali et al., 2019). A presença de besouros coprófagos (besouros rola-bosta), da família Scarabaeidae, contribui para a incorporação das massas fecais no solo, evitando a volatilização do nitrogênio, além de contribuir para o controle das moscas hematófagas (Silva; Vidal, 2007). A proteção dos corpos d'água naturais do acesso animal também é uma estratégia de manejo para evitar a deposição de excretas e risco de eutrofização (Soares et al., 2014).

Outra prática é a utilização de raspadores e correntes para melhor distribuir os excrementos. A utilização de várias espécies animais numa mesma área também possibilita uma melhor distribuição do pastejo, redução de ervas daninhas e parasitas (Sharpe, 2024).

Os resíduos animais estão diretamente ligados a problemas ambientais, incluindo eutrofização, acidificação e emissões de GEE. O esterco é um dos resíduos da pecuária que pode ter efeitos positivos ou negativos em razão do manejo. Os efeitos negativos são maiores em sistemas intensivos, pois ocorre uma produção concentrada de estrume que precisa de um destino adequado para ser mais bem aproveitado, como tecnologias de conversão térmica, como a pirólise para a produção de biochar, bioenergia, compostagem, uso de resíduos animais como meio nutriente, entre outros produtos (Sohil; Kichloo, 2023; Sadeghpour; Afshar, 2024). No caso de sistemas de gado de leite em pastagens, os estrumes gerados no curral podem ser retirados diariamente e reunidos numa pilha e cobertos para curtimento antes da sua utilização na propriedade (Palhares et al., 2021).

Objetivo 7 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Prevenção e controle da contaminação

A aplicação de agrotóxicos pode afetar a biologia de insetos polinizadores e prejudicar o desenvolvimento de indivíduos regenerantes em áreas de regeneração de florestas. O uso racional de agrotóxicos, dando preferência a métodos de aplicação e tipos causadores de menor impacto potencial, reduz os riscos de contaminação ambiental e de impacto sobre polinizadores, bem como contribui para a conservação e regeneração de áreas de vegetação nativa. Também é importante para reduzir o aparecimento e disseminação de biótipos resistentes aos agrotóxicos.

Em sistemas de produção animal a pasto, os herbicidas representam o principal grupo de agrotóxicos utilizados. O controle integrado de plantas daninhas em pastagens pode ser feito combinando métodos culturais (ex.: práticas adequadas de formação e manejo das pastagens), mecânicos (ex.: capina, gradagem, etc.) e químicos (uso de herbicidas). Tal controle contribui para reduzir a necessidade de uso de agrotóxicos e o risco de contaminação do ambiente.

Nos sistemas de ILP, a rotação de culturas anuais com pastagem promove a quebra do ciclo de pragas, de doenças e de plantas daninhas, bem como promove maior eficiência no uso de fertilizantes. Associado aos benefícios econômicos desses sistemas, também devem ser abordados aspectos ambientais relacionados à adoção das práticas de plantio direto, como aumento do teor de matéria orgânica superficial e em profundidade, consequentemente, contribuindo para o sequestro de carbono. A manutenção do solo com cobertura vegetal promove redução na erosão, aumento da disponibilidade de nutrientes na camada superficial ao longo do tempo e maior eficiência no uso dos nutrientes do solo pelas culturas de grãos em relação ao cultivo solteiro, determinando economia no uso de fertilizantes e redução nos custos de produção. Salienta-se que solos de maior fertilidade tendem a apresentar maior atividade microbiana. Tais benefícios não são visualizados facilmente em curto prazo. Aumentos da fertilidade e no teor de matéria orgânica propiciam aumento da macrofauna do solo, como minhocas, centopeias, cupins, formigas, piolhos-de-cobra, tatuzinhos e aracnídeos que desempenham papel-chave no funcionamento do ecossistema. Adicionalmente, a macrofauna propicia melhores condições para a ciclagem biogeoquímica, ou seja, maior atividade microbiológica no sistema.

Nos sistemas de ILP, os herbicidas são utilizados tanto na dessecação da planta forrageira quanto no controle das plantas daninhas nas culturas e na pastagem. Por ser um sistema em desenvolvimento, torna-se necessário o conhecimento da eficácia agrônômica dos produtos nas diferentes combinações da espécie cultivada e da forrageira e suas derivações quanto à época de aplicação dos produtos. Somado a isso, o conhecimento do comportamento e destino dos herbicidas no ambiente é importante para a sustentabilidade dos sistemas e seleção de produtos (Oliveira; Brighenti, 2011).

Os herbicidas modernos para pastagens apresentam um conjunto de ações que visam à sustentabilidade, incluindo a disponibilidade de moléculas de maior seletividade e consistência nos resultados. Aliado ao efeito da palhada no aumento da atividade microbiológica, que tende a aumentar a degradação dos herbicidas, essa palhada tem influência na densidade do banco de sementes e na composição de espécies de plantas daninhas. Geralmente, sistemas de rotação lavoura-pasto promovem redução na densidade do banco de sementes comparativamente ao sistema de cultivo lavoura contínua sob preparo convencional e plantio direto (Ikeda et al., 2007). O número de espécies que compõem o banco de sementes apresenta-se maior em áreas sob sistema de plantio direto. Nas áreas sob sistema lavoura-pasto-lavoura, maior número de espécies foi observado quando o sistema de preparo do solo convencional foi utilizado comparado com o sistema de semeadura direta. Esse efeito no banco de sementes influencia no manejo de herbicidas, bem como favorece a manutenção da diversidade de espécies.

Considerações finais

A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) é uma política pública que visa mobilizar e reorientar o financiamento e os investimentos públicos e privados para atividades econômicas sustentáveis. As práticas recomendadas pela TSB devem contribuir para um ou mais objetivos definidos e não provocar danos significativos a nenhum dos outros objetivos. Também devem cumprir com as salvaguardas sociais e ambientais mínimas.

Os sistemas de produção animal a pasto são fundamentais para a manutenção de pequenos e médios produtores no campo. Estudo realizado pelo Grupo de Políticas Públicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) estima que 1,3 milhão de estabelecimentos da agricultura familiar e de médios produtores tenham a

pecuária como principal atividade econômica (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2022). Além disso, a área de agricultura familiar e de médios produtores coberta por pastagens e dedicada à pecuária é aproximadamente o dobro da área destinada à agricultura, sendo que em 80% dos municípios brasileiros a pastagem é a principal forma de uso da terra dessas classes de estabelecimentos (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2022).

Produtores familiares e médios produtores, de modo geral, enfrentam grandes problemas na produção e comercialização de seus produtos, incluindo aqueles relacionados às falhas de mercado, infraestrutura, distância dos centros consumidores, dificuldade no acesso a serviços de crédito e de assistência técnica, incapacidade técnica no uso de tecnologias modernas, restrição à inserção de mercados internacionais e uso

ineficiente dos recursos (Santos et al., 2024). Para garantir as salvaguardas sociais mínimas, é preciso, portanto, que a TSB crie mecanismos para evitar a exclusão de segmentos de produtores mais vulneráveis, ao mesmo tempo que estimule a transformação sustentável dos sistemas de produção adotados.

O monitoramento das práticas sustentáveis é fundamental para que a política pública seja efetiva e, também, para que seja possível comprovar o alcance de seus objetivos. Para isso, será necessário estabelecer bases para a produção de informações confiáveis e estimular a transparência, a integridade e a visão de longo prazo para a atividade econômica em questão.

No caso dos sistemas de produção animal a pasto, os mecanismos de monitoramento devem contribuir ainda para alinhar os objetivos dos produtores rurais aos objetivos mais amplos da política pública. A **adoção de tecnologias** pelos produtores depende de uma série de fatores relacionados: às condições socioeconômicas e características do produtor; às características da produção e da propriedade rural; às características da tecnologia; e aos fatores sistêmicos (Souza Filho et al., 2011). A TSB poderá influenciar esse ambiente de tomada de decisão, estabelecendo bases para incentivos como acesso a linhas de crédito subsidiado e pagamento por serviços ambientais.

De modo geral, as decisões dos produtores são tomadas a partir do acompanhamento de indicadores de campo monitorados na escala local. Já o monitoramento das políticas públicas muitas vezes é feito em escala regional e por meio de sistemas e ferramentas remotas. Dessa forma, para conferir credibilidade e transparência ao monitoramento, é preciso alinhar as bases conceituais e terminológicas, bem como os métodos adotados nas diversas escalas de diagnóstico. Além disso, o aprimoramento das ferramentas de diagnóstico e monitoramento



Foto: Gisele Rosso

remoto também poderá contribuir para reduzir os custos de monitoramento dos projetos.

O diagnóstico e o monitoramento de pastagens no Brasil representam grande desafio em razão da extensão territorial ocupada pela cultura, da diversidade das culturas para composição das pastagens no País e das características de cada bioma, incluindo variações edafoclimáticas. Os mapeamentos disponíveis atualmente apresentam uma série de limitações, incluindo a baixa resolução espacial e o uso de métodos de diagnóstico único para todos os biomas do Brasil, sem considerar as peculiaridades das pastagens em cada região.

O aprimoramento do diagnóstico e monitoramento de pastagens no País pode ser alcançado por meio de uma abordagem multidisciplinar, associando visitas a campo, imagens coletadas por drone/aeronave remotamente pilotada (ARP), fotografias verticais e imagens de satélite. A criação de bases de dados de campo para treinamento de modelos baseados em inteligência artificial e em geotecnologias é um dos principais gargalos para esse avanço. Para isso, é preciso estabelecer indicadores e critérios de degradação de pastagens regionalizados e protocolos de coleta de dados de campo.

Os sistemas de produção a pasto são bastante complexos, e uma mesma prática pode contribuir para o alcance de mais de um objetivo da TSB. A complexidade de interações entre práticas e objetivos representa um desafio para a classificação de projetos sustentáveis. A criação de índices que permitam agregar diferentes variáveis na classificação dos empreendimentos pode facilitar a aplicação da TSB. No Pantanal, por exemplo, foi desenvolvida uma ferramenta denominada Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS), que analisa a sustentabilidade da produção de gado de corte na região do Pantanal de forma sistêmica, considerando-se aspectos e indicadores nas dimensões econômica, ambiental e sociocultural (Santos et al., 2017).

Referências

- AHMAD, H. M.; RAHMAN, M. U.; ALI, Q.; AWAN, S. I. Plant cuticular waxes: a review on functions, composition, biosynthesis mechanism and transportation. **Life Science Journal**, v. 12, n. 4, p. 60-67, 2015. Disponível em: <http://www.lifesciencesite.com>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- ASLAM, M. M.; IDRIS, L.; Q. I. A. N. ZHANG, Q. I. A. N.; WEIFENG, X. U.; KARANJA, J. K.; WEI, Y. U. A. N. Rhizosphere microbiomes can regulate plant drought tolerance. **Pedosphere**, v. 32, n. 1, p. 61-74, Feb. 2022. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60061-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60061-9).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Estatísticas**: exportações. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/exportacoes>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BARON, V. S.; BÉLANGER, G. Climate, climate-change and forage adaptation. In: MOORE, K. J.; COLLINS, M.; NELSON, C. J.; REDFEARN, D. D. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2020. v. 2. p. 151-186. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch8>.
- BEAUCHEMIN, K.; UNGERFELD, E.; ECKARD, R.; WANG, M. Review: fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation **Animal**, v. 14, n. S1, p. S2-S16, Mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119003100>.
- BENTO, L. R.; SANTOS, J. V. dos; SCHWEISER, S. A.; MORAIS, C. P. de; MITSUYUKI, M. C.; OLIVEIRA, P. P. A. de; PEZZOPANE, J. R. M. de; BERNARDI, A. C. de C.; MARTINETO, L. Moderate pasture intensification enhances soil organic carbon stocks in degraded Brazilian Ferralsol. **Soil & Tillage Research**, v. 251, 106534, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106534>.
- BERNARDI, A. C. de C.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, A. R.; BARIONI JUNIOR, W.; MEDEIROS, S. R. de; SANTOS, S. A. Tecnologias de pecuária de precisão para o manejo de pastagens e animais. In: BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; PIRES, J. L. F.; GEHLER, L.; JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de Precisão: um novo olhar na era digital**. São Carlos, SP: Cubo, 2024. p. 623-635.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. L. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.
- BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. de A. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguazu.v5i4.16006>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do leite**: políticas públicas e privadas para o leite. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira**. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>.

gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira. Acesso em: 30 abr. 2025.

BRUZIGUESSI, E. P.; SILVA, T. R.; MOREIRA, G. D. L. de B. VIEIRA, D. L. M. **Sistemas silvipastoris com árvores nativas do cerrado**. Brasília, DF: Embrapa: Instituto Federal de Brasília, DF: IEB, 2021.

BÜNEMANN, L.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. de; GOEDE, R. de; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKE, W.; VAN GROENIGEN, J. W. BRUSSAARD, L. Soil quality—A critical review. **Soil biology and biochemistry**, v. 120, p. 105-125, May 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.

BURGGRAAF, V. T.; LUCCI, G. M.; LEDGARD, S. F.; ANTILLE, D. L.; SNOW, V. O.; KLEIN, C. A. M. de. Application of circular economy principles to New Zealand pastoral farming systems. **Journal of New Zealand Grasslands**, v. 82, p. 53-59, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33584/jnzg.2020.82.426>.

CARNEVALLI, R. A.; MELLO, A. C. T.; SHOZO, L.; CRESTANI, S.; COLETTI, A. J.; ECKSTEIN, C. Spatial distribution of dairy heifers' dung in silvopastoral systems. **Ciência Rural**, v. 49, n. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180796>.

CONGIO, G. F. S.; BANNINK, A.; MOGOLLÓN, O. L. M. Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, e127693, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127693>.

CONRADO, J. A. de A.; CAVALCANTE, A. C. R.; TONUCCI, R. G.; SALDANHA, A. R.; CÂNDIDO, M. J. D. Management of natural pasture increases native and exotic herbaceous biomass and biodiversity in the Caatinga of Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 867-884, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p867>.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2015. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2015.v32.23294>.

COSTA, A. M. da; FERNANDES, L. F. S.; PACHECO, F. A. L.; VALERA, C. A. Quality Indicators to Subsidize Soil Conservation Under Pasture in Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 36, p. 2385-2404, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.5504>.

DE MORI, C.; SANTOS, P. M.; BARRIOS, S. C. L.; ABREU, U. G. P. de; BARIONI JÚNIOR, W. **Uso das práticas de manejo de forrageiras e de patejo na bovinocultura de corte**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2024. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 146). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1164251>. Acesso em: 30 abr. 2025.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de Pastagens**: processos, causa e estratégias de recuperação. Belém, PA: Ed. do Autor, 2011. 215 p.

EATON, D. P.; SANTOS, S. A.; SANTOS, M. C. A.; LIMA, J. V. B.; KEUROGLIAN, A. Rotational Grazing of Native Pasturelands in the Pantanal: an effective conservation tool. **Tropical Conservation Science**, v. 4, p. 39-52, Mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1177/194008291100400105>.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Entendendo a importância da pecuária brasileira e os dilemas da intensificação**. 2022. Grupo de Políticas Públicas USP-Esalq (GPP USP/Esalq). Disponível em: https://www.gppesalq.agr.br/_files/ugd/9957b7_147b08a745034c87948d3c547e529ef7.pdf. Acesso em: 30 abr. 2025.

ESPOSITO-POLESI, N. P.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, M. Anatomia ecológica da folha de Eugenia glazioviana Kiaersk (Myrtaceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 255-263, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000200010>.

FAO. **Pathways towards lower emissions**: A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agri-food systems. Rome, 2023. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a06a30d3-6e9d-4e9c-b4b7-29a6cc307208/content>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FAO. **The international Code of Conduct for the sustainable use and management of fertilizers**. Rome, 2019. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a8edc4fb-1614-426b-b21c-440fff19c46b/content>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FASIABEN, M. do C. R.; SANTUCCI, J. M.; MAIA, A. G.; ALMEIDA, M. M. T. B.; OLIVEIRA, O. C. de; BARIONI, L. G. **Tipificação de municípios produtores de bovinos no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2013. 38 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/981008/1/BolPesq33Fasiaben.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FRONCZAK, S.; ROGERS, E.; GUTHRIE, T. **Small Farm Manure Management Planning**. Dec. 2020. (MSU Extension bulletin Horse Manure Management Plans). Disponível em: <https://www.canr.msu.edu/animal-agriculture/uploads/files/Small%20Farm%20Manure%20Management%20Planning.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FRONZA, E. E.; CATEN, A. T.; BITTENCOURT, F.; ZAMBIAZI, D. C.; SCHMITT FILHO, A. L.; SEÓ, H. L. S.; LOSS, A. Carbon sequestration potential of pastures in Southern Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 48, e0230121, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230121>.

GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, I.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN,

- C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. **Science**, v. 341, 6141, p. 33-4, July 2013. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1234485>.
- GUEDES, F. L.; SILVA, N. L.; SOUZA, H. A. de; POMPEU, R. C. F. F.; FERNANDES, E. P. **Desempenho de forrageiras em caatinga manipulada em região semiárida**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2018. 17 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Circular técnica, 4).
- HAMAM, M.; SPINA, D.; RAIMONDO, M.; DI VITA, G.; ZANCHINI, R.; CHINNICI, G.; TÓTH, J.; D'AMICO, M. Corrigendum: Industrial symbiosis and agri-food system: Themes, links, and relationships. **Frontiers Sustainable Food Systems**, v. 7, e1144122, Mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1144122>.
- HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. 466 p.
- HOMEM, B. G. C.; BORGES, L. P. C.; LIMA, I. B. G. de; GUIMARÃES, B. C.; SPASIANI, P. P.; FERREIRA, I. M.; MEO-FILHO, P.; BERNDT, A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; CASAGRANDE, D. R. Forage peanut legume as a strategy for improving beef production without increasing livestock greenhouse gas emissions. *Animal The international journal of animal biosciences*. **Animal**, v. 18, n. 5, May 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101158>.
- HOPKINS, A. **Grass: its production and utilization**. Oxford: Blackwell Science, 2000. 440 p.
- HRISTOV, A. N.; OH, J. L.; FIRKINS, J. D.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; MAKAR, H. P. S.; ADESOGAN, H. P. S.; YANG, W.; LEE, C.; GERBER, P. J.; HENDERSON, B.; TRICARICO, J. M. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal Animal Scienc**, v. 91, n. 11, p. 5045-5069, Nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas2013-6583>.
- HUANG, D.; WANG, J.; KHAYATNEZHAD, M. Estimation of actual evapotranspiration using soil moisture balance and remote sensing. **Iranian Journal of Science and Technology**, v. 45, p. 2779-2786, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00575-7>.
- IBGE. **Censo agro 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, nov. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/41158/1/42n11a05.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- INDU, I.; MEHTA, B. K.; SHASHIKUMARA, P.; GUPTA, G.; DIKSHIT, N.; CHAND, S.; YADAV, P. K.; AHMED, S.; SINGHAL, R. K. Forage crops: a repository of functional trait diversity for current and future climate adaptation. **Crop & Pasture Science**, v. 7, n. 11, p. 1103, Sept. 2023.
- KALRA, A.; GOEL, S.; ELIAS, A. A. Understanding role of roots in plant response to drought: Way forward to climate-resilient crops. **The Plant Genome**, v. 17, n. 1, e20395 Oct. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/tpg2.20395>.
- KØRUP, K.; LÆRKE, P. E.; BAADSGAARD, H.; ANDERSEN, M. N.; KRISTENSEN, K.; MÜNNICH, C.; DIDION, T.; JENSEN, E. S.; MÅRTENSSON, L. M.; JØRGENSEN, U. Produção de biomassa e eficiência do uso da água em gramíneas perenes durante e após o estresse hídrico. **GCB Bioenergia**, v. 10, p. 12-27, 2017.
- LEHMANN, J.; BOSSIO, D. A.; KÖGEL-KNABNER, I.; RILLIG, M. C. The concept and future prospects of soil health. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 10, p. 544-553, 2020. DOI <https://doi.org/10.1038/S43017-020-0080-8>.
- LEMES, A. P.; GARCIA, A. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; BRANDÃO, F. Z.; WATANABE, Y. F.; COOKE, R. F.; SPONCHIADO, M.; PAZ C. C. P. de; CAMPLESI, A. C.; BINELLI, M.; GIMENES, L. U. Silvopastoral systems are an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. **Scientific Reports**, v. 11, 14092, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7>.
- LUZ, F. B. da; CARDOSO, G. M.; RODRIGUES, A. M. S.; MENILLO, R. B.; CHERUBIN, M. R. Soil health response to soil biological conditioner in Brazilian soybean fields. **Experimental Agriculture**, v. 61, e10. Apr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479725000080>.
- MAPBIOMAS. **Coleção 9 do MapBiomias da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>. Acesso em: 15 maio 2025.
- MORADI, P. Key plant products and common mechanisms utilized by plants in water deficit stress responses. **Botanic Sciences**, v. 94, n. 4, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.709>.
- MUSCAT, A.; OLDE, E. M. de; RIPOLL-BOSCH, R.; VAN ZANTEN, H. H.; METZE, T. A.; TERMEER, C. J.; VAN ITTERSUM, M. K.; BOER, I. J. de. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. **Nature Food**, v. 2, p. 561-566, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>.
- NIPPERT, J. B.; HOLDO, R. M. Challenging the maximum rooting depth paradigm in grasslands and savannas. **Functional Ecology**, v. 29, p. 739-745, Dec. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12390>.
- OLIVEIRA, M. F. de; BRIGHENTI, A. M. E. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. p. 263-304.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; ALVES, T. C.; LEMES, A. P.; OLIVEIRA, B. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; RODRIGUES, P. H. M. Greenhouse gas balance and mitigation of pasture-based dairy production systems in the Brazilian Atlantic Forest Biome. **Frontiers in**

Veterinary Science, v. 9, e958751, Sept. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.958751>.

PALHARES, J. C. P. **Amontoamento de resíduos orgânicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021.9 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 109). ODS 2. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1136512>. Acesso em: 15 maio 2025.

PALLARDY, S. G. Transpiration and Plant Water Balance. In: PALLARDY, S. G. **Physiology of Woody Plants**. Londres: Elsevier, 2008. p. 325-366.

PINHEIRO, F. M.; RAMACHANDRAN NAIR, P. K.; NAIR, V. D.; TONUCCI, R. G.; VENTURIN, R. P. Sources of soil organic carbon under Eucalyptus silvopastures and other land-use systems in Brazilian Oxisols. **Geoderma Regional**, v. 40, e00907, Mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00907>.

POTT, A.; POTT, V. J. Plantas nativas potenciais para sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte: Finep, 2003. 1 CD-ROM.

PRIMO, A. C. A.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MARATA, H. B.; TONUCCI, R. G.; SILVA, I. R. da; OLIVEIRA, T. S. Different composition of plant residues as a driver of microbial community structure and soil organic matter composition: A microcosm study. **Pedobiologia**, v. 106, 150985. Sept. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2024.150985>.

REIS, J. C.; RODRIGUES, G. S.; BARROS, I.; RODRIGUES, R. A. R.; GARRET, R. D.; VALENTIM, J. F.; KAMOI, M. Y. T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F. J.; RODRIGUES-FILHO, S.; PIMENTEL, E. O.; SMUKLER, S. Integrated crop-livestock systems: A sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, 124580, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>.

SADEGHPOUR, A.; AFSHAR, R. K. Livestock manure: From waste to resource in a circular economy. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 17, Sept. 2024, 101255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>.

SALLAM, A.; ALQUDAH, A. M.; DAWOOD, F. M. A.; BAENZIGER, P. S.; BÖRNEET, A. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 13, p. 3137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20133137>.

SANTOS, P. M.; MARTHA, G. B.; PEREIRA, V. F.; SANTOS, C. E. S.; VICTORIA, D. de C.; AQUINO, F. de G.; DRESSLER, M.; MARCELINO, M. Q. dos S.; TONUCCI, R. G.; MINGOTI, R.; GOIS, S. L. L. de; CORDEIRO, L. A. M.; BALSADI, O. V. **Políticas públicas para pastagens**: da degradação ao uso sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 106 p. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1163845/1/LV-Emb-2024-045-6.pdf)

[doc/1163845/1/LV-Emb-2024-045-6.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1163845/1/LV-Emb-2024-045-6.pdf). Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, S. A.; FEIDEN, A.; TOFFANI, M.; DE SALLIS, S. M. Sistemas silvipastoris naturais e alterados no Pantanal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, dez. 2009. Disponível em: <http://revistas.abaagroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/3954>. Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, S. A.; LIMA, H. P. de; MASSRUHA, S. M. F. S.; ABREU, U. G. P. de; TOMAS, W. M.; SALIS, S. M. de; CARDOSO, E. L.; OLIVEIRA, M. D. de; SOARES, M. T. S.; SANTOS JÚNIOR, A.; OLIVEIRA, L. O. F. de; CALHEIROS, D. F.; CRISPIM, S. M. A.; SORIANO, B. M. A.; AMANCIO, C. O. da G.; NUNES, A. P.; PELLEGRIN, L. A. A fuzzy logic-based tool to assess beef cattle ranching sustainability in complex environmental systems. **Journal of Environmental Management**, v. 198, p. 95-106, Aug. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.076>.

SANTOS, S. A.; LIMA, H. P.; PEROTTO BALDIVIEZO, H.; OLIVEIRA, L. O.; TOMÁS, W. M. GIS-fuzzy logic approach for building indices: regional feasibility and natural potential of ranching in tropical wetland. **Journal of Agricultural Informatics**, v. 5, n. 2, p. 26-33, 2014.

SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L. **Boas práticas de manejo de pastagens nativas de áreas úmidas no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017. 9 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado técnico, 104). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1085354/1/COTEvaldoEDfinal.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

SHARPE, P. H. Mixed species grazing. In: SHARPE, P. H. **Horse Pasture Management**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier, 2024. p.181-205.

SILVA, I. R.; MENDANÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, P. G.; VIDAL, M. B. Atuação dos escarabeídeos fimícolas (Coleoptera: Scarabaeidae sensu stricto) em áreas de pecuária: potencial benéfico para o município de Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 2, p.162-169, 2007.

SILVA, R. de O.; BARIONI, L. G.; MORAN, D. Fire, deforestation, and livestock: When the smoke clears. **Land Use Policy**, v. 100, e104949, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104949>.

SILVA, S. C. da; PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. Intensificação de sistemas de produção animal em pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. **Anais [...]**, Piracicaba: Fealq, 2009. 278 p.

SILVA, T. R.; PENA, J. C.; MARTELLO, F.; BETTIOL, G. M.; SANO, E. E.; VIEIRA, D. L. M. Not only exotic grasslands: The scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**,

v. 314, e107422 July 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107422>.

SILVA, T. R.; RODRIGUES, S. B.; AZEVEDO BRINGEL, J. B. de; SAMPAIO, A. B.; SANO, E. E.; VIEIRA, D. L. M. Factors affecting savanna and forest regeneration in pastures across the cerrado. **Journal of Environmental Management**, v. 330, 117185, Mar. 2023b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117185>.

SILVA, T. R.; SILVA, T. R.; SANO, E. E.; VIEIRA, D. L. M. Mapping the regeneration potential of native vegetation in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 9, 1038, 2023a. DOI <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11606-x>.

SILVA-OLAYA, A. M.; ESPAÑA-CETINA, G. P.; CHERUBIN, M. R.; RODRÍGUEZ-LEÓN, C. H.; SOMENAHALLY, A.; BLESCH, J. Restoring soil multifunctionality through forest regeneration in abandoned Amazon pasturelands. **Restoration Ecology**, v. 33, n. 3, p. e14358, Dec. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.14358>.

SIMPSON, E.; HAVERROTH, E. J.; TAGGART, M.; ANDRADE, M. T.; VILLEGAS, D. A. Dehydration tolerance rather than avoidance explains drought resistance in zoysiagrass. **Physiologia Plantarum**, v. 176, n. 6, e14622, Nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.14622>.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - SEEG. **Emissões totais**. 2023. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 10 mar. 2025.

SOARES, M. T. S.; OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. M.; SANTOS, S. A.; LIMA, H. P. **Protocolo**: Índice de Conservação de Corpos de Água Naturais (ICA) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS). Corumbá: Embrapa Pantanal, 2014. 21 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 128).

SOHIL, A.; KICHLOO, M. A. Sustainable Solutions to Animal Waste: Climate Change Mitigation and Bioproduct Harvest. In: ARSHAD, M. (ed.). *Climate Changes Mitigation and Sustainable Bioenergy Harvest Through Animal Waste*. **Springer Nature Switzerland**, p. 301-332, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-26224-1_12.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologias**, v. 28, n. 1, p. 223-255, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86647/1/condicionantes-da-adocao.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

SOUZA, G. S.; THIENGO, C. C.; SILVA, M. W.; DAN, M. L. Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo. In: GONÇALVES, F. G.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, G. F.;

SOUZA, S. (ed.). **Sistemas integrados de produção**: Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Guarujá: Científica Digital, 2021. p. 253-278. DOI: <https://doi.org/10.37885/210705209>.

SWASTIKA, D. K. S.; PRIYANTI, A.; HASIBUAN, A. M.; SAHARA, D.; ARYA, N. N.; MALIK, A.; ILHAM, N.; SAYEKTI, A. L.; TRIASTONO, J.; ASNAWI, R.; SUGANDI, D.; HAYATI, N. Q.; ATMAN, A. Pursuing circular economics through the integrated crop-livestock systems: An integrative review on practices, strategies and challenges post Green Revolution in Indonesia. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, 101269, Dec. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101269>.

TAKAHASHI, F.; SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; ORTEGA. Emergy Evaluation of an Extensive Cattle Ranching System in Pantanal Watershed, Brazil. In: BROWN, M.T.; CAMPBELL, D. E.; COMAR, V. (ed.). **Emergy Synthesis 6**: Theory and Applications of the Emergy Methodology, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/128095273/Emergy_Evaluation_of_an_Extensive_Cattle_Ranching_System_in_Pantanal_Watershed_Brazil. Acesso em: 15 maio 2025.

THEROND, O.; DURU, M.; ROGER-ESTRADE, J.; RICHARD, G. A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, p. 2-24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0429-7>.

TONUCCI, R. G.; NAIR, V. D.; RAMACHANDRAN, P. K. N.; GARCIA, R. Grass vs. tree origin of soil organic carbon under different land-use systems in the Brazilian Cerrado. **Plant Soil**, v. 419, p. 281-292, 2017. DOI <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3347-1>.

TONUCCI, R. G.; VOGADO, R. F.; SILVA, R. D.; POMPEU, R. C. F. F.; ODA-SOUZA, M.; SOUZA, H. A. Agroforestry system improves soil carbon and nitrogen stocks in depth after land-use changes in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 47, e0220124, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20220124>.

VIEIRA, D. L.; SANO, E. E.; SILVA, T. R. A classification of cultivated pastures in the Brazilian Cerrado for sustainable intensification and savanna restoration. **Ambio**, v. 51, n. 5, 1219-1226, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01646-3>.

WHITE, S. L.; SHEFFIELD, R. E.; WASHBURN, S. P.; KING, L. D.; GREEN, J. T. Spatial and time distribution of dairy cattle excreta in an intensive pasture system. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n. 6, p. 2180-2187, 2001. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/30/6/2180>.





Capítulo 8

Práticas sustentáveis para o eucalipto

Josiléia Acordi Zanatta | Alisson Moura Santos | Karina Pulrolnik |
Edina Regina Moresco | José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira

Introdução

Em um cenário global cada vez mais exigente por práticas produtivas sustentáveis, o setor de florestas plantadas no Brasil emerge como um modelo de sucesso. A história do setor florestal brasileiro é uma jornada de transformação e crescimento. Impulsionado por políticas de incentivo a partir dos anos 1960, o País viu suas plantações comerciais expandirem, ocupando hoje 10 milhões de hectares. No coração desse avanço está o eucalipto, uma espécie que passou a dominar 77% da área total de florestas plantadas no Brasil. O setor florestal nacional tem se destacado não apenas pela sua impressionante contribuição econômica, mas também pelo seu compromisso com a sustentabilidade e a bioeconomia. Mais do que um motor econômico que contribui para o superavit da balança comercial, esse setor tem se mostrado um pilar de inovação. Este capítulo detalha como a Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) para o eucalipto pode colocar o Brasil na vanguarda da silvicultura sustentável, por meio de práticas de manejo sustentável como um papel fundamental na mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Importância da atividade para a agricultura brasileira

As plantações florestais comerciais foram impulsionadas por incentivos fiscais a partir da década de 1960 no Brasil, e atualmente ocupam cerca de 10 milhões de hectares, representando 1% do território brasileiro. O setor florestal tem merecido cada vez mais atenção, principalmente em razão do aumento na demanda por produtos florestais, seja pelo aumento na demanda de exportação de celulose, seja pela crescente demanda por madeira nas cadeias produtivas ligadas ao agronegócio.

Os grandes avanços do setor florestal nas últimas décadas têm evidenciado as significativas contribuições para o superavit da balança comercial, ampliando a importância desse setor na economia brasileira. Por causa das condições climáticas favoráveis brasileiras, pela competência e expressividade técnico-científica na área silvicultural, a atividade florestal e os produtos por ela gerados têm contribuído para a modificação do quadro econômico de várias regiões brasileiras. Com mérito destacado, o segmento

é dinâmico e as tendências de crescimento têm-se apresentado maiores a cada ano.

As espécies do gênero *Eucalyptus* têm se destacado dentre as outras espécies florestais. O eucalipto possui uma área de 7,8 milhões de hectares, o que representa 77% da área total de árvores plantadas (Indústria Brasileira de Árvores, 2024). Nos últimos 10 anos, a área com eucalipto cresceu 41%. Isso graças às vantagens que essa espécie oferece, seja pelo arcabouço tecnológico já desenvolvido e aplicado no manejo da espécie e/ou pelo fato de reunir vários aspectos favoráveis, como rápido crescimento, produtividade, ampla diversidade de espécies, grande capacidade de adaptação e aplicação para as diversas finalidades (Mora; Garcia, 2000).

Apesar da grande expressão apresentada atualmente, o histórico de cultivos florestais é relativamente recente. Entre as décadas de 1970 e 1980, os cultivos florestais eram concentrados nas regiões Sul e Sudeste do País. No entanto, com os crescentes avanços advindos do desenvolvimento florestal, os cultivos florestais comerciais avançaram para várias outras regiões do Brasil, como Bahia e regiões do Centro-Oeste e Norte do País. O crescimento em área nessas regiões tem-se intensificado, especialmente por causa da implantação de grandes indústrias ligadas ao setor florestal nessas regiões.

A produção do eucalipto é base para uma ampla gama de produtos utilizados pela população. No caso do eucalipto, os principais usos da madeira incluem:

Geração de carvão vegetal: o Brasil é uma referência mundial em tecnologia para carvão vegetal (Sindicato da Indústria do Ferro no estado de Minas Gerais, 2025).

Produção de celulose e papel: a celulose e o papel são produtos de grande importância, representando um quarto do volume financeiro das operações rotuladas no Brasil, e o Brasil é um dos principais países produtores.

Produção de lenha: empregada para gerar energia térmica em processos agroindustriais, como a secagem de grãos (milho, soja, trigo, entre outros) bem como nas indústrias ceramistas, cimentícias, de mineração e alimentícias.

Produção de madeira tratada, madeira serrada e painéis: são usados em setores como a indústria moveleira e da construção civil, incluindo pisos laminados, esquadrias e móveis.

Além desses usos primários, a madeira de eucalipto serve de matéria-prima para uma crescente gama de bioprodutos, tais como roupas e tecidos (incluindo viscose para a indústria têxtil); embalagens em geral; geração de bioenergia, incluindo pellets e cavacos de madeira para celulose; usos na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia, como resinas, mel, desinfetantes, aromatizantes, espessantes, solventes, vernizes, colas, borracha sintética, tintas para impressão, ceras e graxas; entre outros. A maioria desses produtos estão presentes no dia a dia das pessoas e, por serem de fonte renovável, substituem com vantagens aqueles feitos a partir de fontes fósseis (Oliveira; Oliveira, 2017).

Economicamente, o eucalipto é a espécie predominante no setor de florestas plantadas, contribuindo significativamente para o produto interno bruto (PIB), a balança comercial e a geração de empregos. Em 2023, o valor bruto da produção do setor de florestas plantadas atingiu R\$ 202,6 bilhões (Indústria Brasileira de Árvores, 2024). O Brasil se tornou um relevante *player* mundial no que tange ao eucalipto, com unidades fabris de processamento da madeira com elevado know-how tecnológico. O setor está em ascensão constante na economia brasileira, promovendo a bioeconomia, tanto no mercado interno quanto externo. Mesmo diante de um cenário global desafiador, o setor brasileiro apresenta alta competitividade global e teve um segundo melhor desempenho de exportação nos últimos 10 anos, alcançando US\$ 12,7 bilhões em 2023. Além de exportar,

o setor abre uma nova fábrica a cada ano e meio no Brasil, ampliando a oferta de empregos diretos e indiretos.

Na perspectiva ambiental, a sustentabilidade é um tema prioritário para o setor florestal brasileiro, que se destaca pelo emprego de práticas sustentáveis para atender à demanda por produtos florestais e contribui para a redução da pressão sobre as florestas nativas. Além disso, cada vez mais cresce a demanda da sociedade por processos produtivos e padrões de consumo mais sustentáveis. Nesse sentido, é também notório que diversos países têm investido em novas tecnologias e políticas públicas para ampliar a adoção de práticas industriais ambientalmente sustentáveis. Essas ações, em diferentes esferas governamentais, priorizam a redução do uso de combustíveis fósseis e a descarbonização da matriz energética. Dessa forma, a biomassa florestal proveniente dos plantios florestais também tem se destacado como uma alternativa viável para a geração de energia renovável.

O sucesso do cultivo de eucalipto no Brasil é resultado de sua boa adaptação às diversas condições ambientais brasileiras, rápido crescimento, elevada produtividade de madeira, ciclo de curta duração (5 a 7 anos) quando comparado com outras espécies, adequação da madeira ao uso final e elevado grau tecnológico das práticas silviculturais.

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil se deu no ano de 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro com o *Eucalyptus robusta*. No entanto, Navarro de Andrade foi o principal responsável pelas primeiras introduções em escala do eucalipto no Brasil entre os anos de 1905 e 1915 no estado de São Paulo (Moura et al., 1980).

Hoje, no Brasil, há cerca de 7,8 milhões de hectares plantados de eucalipto (Indústria Brasileira de Árvores, 2024), e os principais produtos industriais da madeira de eucalipto são celulose, papel, painéis laminados, pisos laminados, car-

vão vegetal e produtos sólidos de madeira (madeira para serraria). Atualmente as espécies mais utilizadas de eucalipto no Brasil são: *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. viminalis* e os híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* (*urograndis*) (Embrapa Florestas, 2019). A produtividade média de madeira de eucalipto no Brasil foi estimada em 33,7 m³/ha/ano (com casca), com idade média de 7,2 anos. O estado com a menor produtividade média registrou 20 m³/ha/ano, enquanto o estado com a maior média de produtividade alcançou 41,1 m³/ha/ano (Indústria Brasileira de Árvores, 2024).

A implantação de povoamentos de eucalipto inicia com levantamentos de topografia, solo e vegetação existentes. A implantação compreende desde a escolha do local de plantio até o estabelecimento da floresta, que geralmente ocorre no segundo ou terceiro ano. As operações intermediárias incluem combate a formigas e cupins, amostragem do solo, abertura de estradas e aceiros, limpeza, preparo do solo, escolha do espaçamento de plantio, fertilização e correção do solo, além de tratos culturais para manutenção do povoamento (Paiva et al., 2011).

Avanços da pesquisa em direção a uma atividade cada vez mais sustentável

As florestas plantadas, quando implementadas corretamente, desempenham um papel essencial na qualidade de vida da população por causa dos benefícios ambientais proporcionados, incluindo serviços ecossistêmicos (Bordorn et al., 2021; Parron et al., 2021). Os benefícios incluem conservação do solo pela diminuição da erosão (Oliveira et al., 2014); melhoria do volume e qualidade da água pela cobertura do solo e aumento da infiltração de água (Bruijnzeel, 2004); atenuação de efeitos climáticos negativos (geadas, estiagem); ciclagem de nutrientes (Santana et al., 2008) especialmente de camadas mais

profundas do solo, e sequestro de carbono atmosférico (Gatto et al., 2011); manutenção da biodiversidade e recuperação de áreas degradadas (Viani et al., 2010; Oliveira et al., 2021); redução da pressão sobre as florestas nativas (Baena, 2005) e aumento da biodiversidade (Indústria Brasileira de Árvores, 2024); por fim, o efeito da sombra sobre o conforto de animais criados em sistema silvipastoril (Porfírio-da-Silva et al., 2009). O plantio florestal em pequenas e médias propriedades rurais com espécies de eucalipto, quando realizados de forma planejada e com o manejo adequado, contribui para a diversificação da produção e da renda.

Entre os avanços da pesquisa e do desenvolvimento no setor de plantações florestais no Brasil, visando a uma atividade cada vez mais sustentável, destacam-se:

Melhoramento genético e silvicultura avançada: a pesquisa florestal no Brasil tem se concentrado na integração de estratégias genéticas e silviculturais para mitigar restrições abióticas e bióticas, que limitam o desempenho dos plantios de eucalipto (Pinto Júnior, 2021; Resende Alves, 2021). Isso inclui o desenvolvimento de híbridos interespecíficos, explorando a complementaridade de caracteres entre espécies, ampliando a resiliência dos plantios frente à ocorrência de eventos climáticos extremos, bem como a manutenção de elevados níveis de produtividade, sobretudo em novas fronteiras. O melhoramento tem avançado de forma integrada a distintas abordagens silviculturais, buscando tornar os plantios mais sustentáveis e resilientes por meio da otimização dos recursos e da adaptação às condições edafoclimáticas. O melhoramento genético tem desenvolvido cultivares mais tolerantes a estresses hídricos e térmicos, focando também na maior eficiência no uso da água. Além disso, a silvicultura abrange práticas como a definição de densidade de plantio e a aplicação de desbastes (colheitas parciais) e desramas (podas de galhos). Os desbastes são cruciais para diminuir a população

de árvores, permitindo maior entrada de luz e aumentando a disponibilidade de água e nutrientes para as árvores remanescentes, o que favorece seu crescimento. Os desbastes também podem melhorar a qualidade da madeira e antecipar o retorno econômico. A desrama visa obter madeira livre de nós ("clear"), o que aumenta seu valor comercial, especialmente para usos como serraria. Essa aplicação tem sido muito demandada para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). A pesquisa em silvicultura gera informações aplicáveis ao manejo das florestas plantadas.

Manejo integrado e práticas de campo sustentáveis: o setor adota e aprimora continuamente boas práticas silviculturais e operacionais baseadas em tecnologias sustentáveis, validadas em campo por empresas e instituições de pesquisa. Estudos comparam diferentes sistemas de manejo para avaliar seu impacto, por exemplo, sobre as perdas de solo e água por erosão hídrica. Houve conquistas significativas na eliminação da queima para limpeza de área e na adoção de técnicas para melhor conservação de solos, resultando em sistemas de preparo com perturbação mínima do solo, como cultivo mínimo. A pesquisa embasa recomendações técnicas, como no manejo de plantas invasoras. A pesquisa também analisa o impacto de operações, como a colheita de madeira na compactação do solo, e busca métodos de prevenção e recuperação. O manejo adequado dos resíduos da colheita é considerado crucial para a sustentabilidade e a proteção do solo, com suporte de pesquisa sobre impacto em aspectos como fluxo de gases de efeito estufa (GEE), carbono e atividade biológica do solo.

Uso eficiente da água: a relação entre plantações florestais e recursos hídricos é um foco de pesquisa. Estudos avaliam o uso da água e a eficiência no uso da água (produção de madeira por unidade de água consumida) em plantações de eucalipto. Embora o eucalipto tenha alta demanda por água por causa do seu rápido cresci-

mento, a pesquisa mostra que, sob manejo adequado, ele utiliza a água de forma eficiente por quilograma de madeira produzida em comparação com outros tipos de vegetação. O manejo florestal sustentável é fundamental para evitar impactos negativos, como erosão e perdas de sedimentos e nutrientes nas microbacias. Estudos têm sido realizados também para subsidiar a tomada de decisão sobre impactos na sobrecarga de bacias hidrográficas, e cuidado especial tem sido dedicado à manutenção de nascentes e à perenidade dos cursos d'água.

Produção de mudas e viveiros: a pesquisa busca otimizar a produção de mudas de alta qualidade (genética, sanidade, estrutura). Existem parâmetros recomendados para mudas aptas ao plantio, como altura da parte aérea, diâmetro de colo e desenvolvimento do sistema radicular. A pesquisa também estuda o uso de tecnologias, como hidrogel, para possibilitar a redução da irrigação e melhorar o crescimento inicial das mudas. Cuidados importantes durante o plantio, baseados em conhecimento técnico, incluem evitar a exposição do sistema radicular e o “afogamento do coleto” (enterrio excessivo do caule). Viveiros tecnificados e o tratamento eficiente da água neles utilizado são impulsionados por requisitos de legislação e normas de certificação.

Conservação do solo e proteção de recursos hídricos: as plantações florestais, por causa do seu ciclo longo e da cobertura do solo proporcionada pela serapilheira e sub-bosque, atuam na proteção do solo, reduzindo processos erosivos. Sistemas de manejo adequados em plantios de eucalipto têm papel importante na conservação do solo e da água, especialmente em áreas de uso intensivo. Práticas que reduzem o escoamento superficial e o assoreamento são essenciais para a preservação dos recursos hídricos. A prevenção da erosão hídrica é considerada a principal causa do empobrecimento do solo e assoreamento dos cursos d'água. Práticas de manejo como a redução do escoamento su-

perficial da água das chuvas, a abertura e manutenção de estradas com drenagem eficiente e o preparo conservacionista do solo (cultivo mínimo) reduzem a erosão e o risco de assoreamento dos cursos d'água, contribuindo para a preservação dos mananciais hídricos.

Biodiversidade e conectividade: a pesquisa contribui para entender a relação entre plantações florestais e biodiversidade. Estudos têm investigado a presença de fauna em plantios comerciais, como aves, morcegos, invertebrados e répteis. Pesquisas citadas mostram que plantios de eucalipto podem abrigar um número considerável de espécies em comparação com outros usos da terra. O conceito da matriz da paisagem e como as plantações podem complementar recursos, permitir a dispersão entre fragmentos florestais e atuar como zonas tampão para mitigar efeitos de borda são abordados na pesquisa. Empresas do setor realizam estudos faunísticos (qualitativos e quantitativos) e, em alguns casos, possuem infraestrutura específica para manejo da fauna silvestre. O monitoramento de espécies invasoras também é parte do manejo.

Mitigação da mudança climática: a expansão das áreas plantadas e de conservação leva ao aumento na remoção e estoque de carbono, com pesquisa avaliando o impacto do manejo, como a gestão de resíduos, no carbono do solo. A atuação do setor está alinhada com as contribuições nacionais determinadas pelo Brasil (em inglês Nationally Determined Contribution – NDC) no âmbito do Acordo de Paris.

Novos produtos e bioeconomia: o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) tem resultado no desenvolvimento de diversos produtos a partir de árvores plantadas, impulsionando a bioeconomia. A imensa lista de produtos oriundos da floresta exemplifica a diversidade de produtos da madeira serrada (móveis, construção civil), pisos laminados, serrados e móveis de madeira. A pesquisa contribui para otimizar o manejo florestal visando à produção de madeira

com características específicas para os diferentes usos, como desbastes e desramas voltadas à obtenção de madeira de maior qualidade para uso em serrarias. Serrarias móveis representam uma tecnologia que permite o processamento prévio da madeira na propriedade, agregando valor e aumentando a renda, especialmente para pequenos produtores.

Certificação florestal: a certificação florestal, um requisito de mercado, exige o cumprimento de normas rigorosas relacionadas a direitos trabalhistas, saúde e segurança dos trabalhadores, garantindo que o setor opere de forma ética e responsável. As certificações florestais (como Forest Stewardship Council – FSC) desempenham um papel crucial ao agregar valor aos produtos, fortalecer a posição do Brasil no mercado global e reforçar a imagem de um setor comprometido com práticas sustentáveis. As certificações impulsionam a adoção de práticas mais rigorosas do que a legislação exige, especialmente no uso de produtos químicos, incentivando a busca por alternativas de menor impacto ambiental. A busca por certificação foi, em parte, motivada pelas pressões ambientalistas, levando o setor a se aproximar da sociedade. O planejamento do manejo é a base para um sistema eficiente e sustentável, contemplando estudos de impacto ambiental e zoneamento. A delimitação adequada das áreas de plantio e de proteção ambiental é fundamental. O setor mantém áreas de vegetação nativa conservadas.

Transição para sistemas cada vez mais sustentáveis

O setor florestal brasileiro, especialmente no cultivo de eucalipto, consolidou-se como uma referência mundial em eficiência e inovação florestal. Após décadas de investimentos contínuos em P&D por parte do setor público e privado, o Brasil conquistou posição de vanguarda

em tecnologia florestal. Os elevados patamares de qualidade florestal são acompanhados pela estreita relação com os aspectos relacionados a sustentabilidade. Tanto que há uma ampla adesão do setor florestal aos sistemas de certificação, como o FSC e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor). Atualmente, milhões de hectares de florestas plantadas com eucalipto são certificadas por esses organismos, refletindo o compromisso no uso de práticas que dialogam com os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) surge como um instrumento estratégico para ampliar a adoção de práticas com abordagens integradas. A TSB apresenta componentes estruturantes para uma maior eficiência produtiva com uma abordagem sistêmica e estruturada em aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. As práticas sugeridas contribuem não apenas para o fortalecimento da sustentabilidade no campo, mas também na melhoria contínua da gestão administrativa da propriedade rural, sobretudo no aspecto relacionado ao planejamento e monitoramento das atividades desenvolvidas, independentemente do tamanho da propriedade.

Contribuição do eucalipto para os objetivos da Taxonomia Sustentável Brasileira

Objetivo 1 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Mitigação da mudança do clima

As práticas silviculturais sustentáveis no setor florestal brasileiro são fundamentais para a mitigação da mudança climática, além de estarem alinhadas com compromissos globais dado pelas ações nacionalmente determinadas do Brasil, onde as florestas plantadas respondem pela

mitigação de 500 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO_2) (Brasil, 2021). O setor de árvores cultivadas é considerado parte da solução para a equação climática e tem investido intensamente em tecnologias e práticas de manejo para minimizar o impacto ambiental e contribuir no enfrentamento da mudança climática.

As árvores plantadas removem e estocam carbono da atmosfera, sendo essa uma consequência do crescimento da floresta e que reflete o conjunto de boas práticas adotado. As práticas de manejo podem aumentar o estoque de carbono na biomassa, no solo, na redução do fluxo de GEE do solo e também no armazenamento de carbono em produtos florestais. Portanto, a utilização da madeira e de práticas silviculturais que promovem um balanço positivo de carbono são medidas que aumentam a capacidade de mitigação das florestas de eucalipto.

O eucalipto é uma espécie de rápido crescimento. A combinação de fatores genéticos, fisiológicos e de manejo faz com que o eucalipto atinja porte comercial em ciclos de produção significativamente mais curtos, em média 7 anos, em comparação com a maioria das espécies florestais nativas ou outras espécies exóticas cultivadas para fins madeireiros. Durante seu rápido crescimento, o eucalipto absorve CO_2 da atmosfera através da fotossíntese, armazenando o carbono em sua biomassa (tronco, galhos, folhas e raízes) e no solo. Estudos indicam que plantações de eucalipto podem absorver quantidades consideráveis de carbono por hectare, funcionando como importantes reservatórios. Rodrigues et al. (2023), ao testar diferentes clones de eucalipto em São Paulo aos 84 meses, quanto à capacidade de acúmulo de carbono na biomassa, verificaram estoques maiores de $180 \text{ t CO}_2/\text{ha}$, variando de 180 a $220 \text{ t CO}_2/\text{ha}$, dependendo do clone e do espaçamento adotado. Em Minas Gerais, que é o estado com maior área plantada do Brasil, Gatto et al. (2011), numa série de avaliações em diferentes regiões mineiras, observaram a variação de 85 a $116 \text{ t CO}_2/\text{ha}$. A quantida-

de de carbono armazenado varia com o clone e o espaçamento de plantio, mas também com o ambiente produtivo, idade do plantio, mas, em geral, quantidades significativas de carbono são armazenadas na biomassa florestal.

A seleção de espécies e clones de eucalipto adaptados às condições locais otimiza o crescimento e, consequentemente, a absorção de carbono. O manejo adequado, incluindo espaçamento, adubação e controle fitossanitário, garante a saúde e o vigor das árvores, potencializando o sequestro de carbono. Parte do carbono da biomassa florestal permanece estocado na madeira mesmo após o corte, especialmente quando a madeira é utilizada em produtos de longa duração, como móveis e materiais de construção.

A substituição de materiais como aço ou concreto por madeira na construção civil e o uso de resíduos florestais para substituir combustíveis fósseis também contribuem significativamente para a redução de CO_2 na atmosfera. A escolha da madeira em vez de aço ou concreto na estrutura ou em outros componentes de uma edificação evita as emissões de GEE que seriam geradas pela fabricação desses materiais mais poluentes pela elevada demanda de energia na sua produção. A quantidade de carbono armazenado em 1 m^3 de madeira pode ser de aproximadamente 1 tonelada de CO_2 equivalente ($\text{t CO}_2\text{-e}$), dependendo da densidade da madeira. Esse carbono só é liberado de volta para a atmosfera se a madeira for queimada ou se decompor ao final de sua vida útil. Em uma meta-análise de 21 estudos, o efeito mitigador da substituição de aço e concreto por madeira foi de aproximadamente 2 t CO_2 por tonelada de madeira que substitui produtos não madeireiros. Em outras unidades, esse valor corresponde a uma redução de emissão de aproximadamente $3,9 \text{ t CO}_2\text{-e}$ por tonelada de madeira seca utilizada, ou cerca de $1,9 \text{ t CO}_2\text{-e}$ por metro cúbico de madeira, assumindo a densidade da madeira de 500 kg/m^3 .

As plantações de eucalipto desempenham um papel significativo no ciclo do carbono, não apenas pelo carbono da biomassa acima do solo, mas também pelo armazenamento de carbono no solo. Estudos realizados em diversas regiões do País indicam que os valores de carbono no solo sob eucalipto podem variar consideravelmente, influenciados por uma série de fatores edafoclimáticos, de manejo e a idade do povoamento (Denardin et al., 2014). A magnitude dos estoques de carbono no solo varia de aproximadamente 80 a mais de 180 t/ha, na camada de 0–100 cm. Na região centro-leste de Minas Gerais, Gatto et al. (2010) identificaram estoques de carbono no solo em diferentes classes de solo, com valores que variaram de cerca de 95 a 183 t/ha. Numa compilação de dados, Zanatta et al. (2020), para a camada de 0–20 cm, observaram valores que variaram de 15 a 102 t CO₂/ha, com predomínio de valores (60% dos dados) entre 40 e 52 t CO₂/ha.

Práticas que visam à conservação do solo e ao aporte de resíduos vegetais, como o manejo de resíduos da colheita e o mínimo revolvimento, são essenciais para manter o potencial de sequestro de carbono dos solos florestais. Embora controversa, a retirada de resíduos vegetais da colheita florestal também pode ser uma forma de reduzir a emissão de GEE pelo uso de bioenergia em detrimento de combustível fóssil. No solo, a manutenção dos resíduos é fundamental para manter a atividade biológica e os estoques de carbono. São José et al. (2023), numa condição de solo arenoso no Rio Grande do Sul, verificaram que na segunda rotação de retirada de resíduo os efeitos já foram marcantes na qualidade do solo (São José et al., 2023), nos estoques de carbono e na produtividade (São José et al., 2023). Esses resultados reforçam que a estratégia de manutenção dos resíduos no solo é essencial para a mitigação da mudança do clima.

O preparo do solo, pela técnica do cultivo mínimo, também se estabelece como técnica silvicultural que contribui para a mitigação climá-

tica, pelo aumento da produtividade florestal e controle nas perdas de solo. Nesse método de preparo, a maior parte dos resíduos culturais é mantida na superfície do solo, o que traz vantagens na proteção contra erosão pelo impacto direto das gotas de chuva, atenuando a velocidade da água superficial e o assoreamento de cursos d'água, protegendo mananciais hídricos; auxilia na conservação da umidade do solo na superfície, na melhoria da atividade biológica, bem como na melhoria da fertilidade e das propriedades físicas do solo (Sanches et al., 1995), sem esquecer das vantagens operacionais (maior capacidade de trabalho) e econômicas (menor custo) (Dedecek et al., 2007).

O manejo integrado, que combina monitoramento, controle biológico e uso seletivo de produtos químicos, é fundamental para a sustentabilidade e para manter a saúde das plantações. Priorizar métodos biológicos, como o uso de inimigos naturais, reduz a dependência de defensivos e seus potenciais impactos ambientais. Manter plantações saudáveis garante sua capacidade contínua de sequestro de carbono. Ataques severos de pragas ou doenças podem levar ao enfraquecimento extremo ou à morte das árvores. Quando as árvores perdem biomassa ou em casos mais extremos morrem, o carbono que estava armazenado em sua biomassa entra em decomposição, em que o CO₂ é liberado à atmosfera, mas também como metano em certas condições. O controle fitossanitário previne perdas significativas de árvores, evitando, assim, a liberação desse carbono armazenado.

Objetivo 2 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Adaptação às mudanças climáticas

As práticas ressaltadas na TSB podem contribuir na adaptação climática da agricultura e silvicultura, principalmente no cultivo de eucalipto, ao abordar a redução de riscos e vulnerabilidades associadas à mudança climática (Bordorn et al., 2021).

As mudanças climáticas são definidas pela alteração na média ou variabilidade de parâmetros como temperatura, precipitação e vento ao longo do tempo, incluindo a frequência e intensidade de eventos extremos. Dessa forma, as práticas de manejo do solo que favorecem a conservação do solo e da água, como o diagnóstico e correção da fertilidade de solo e o manejo nutricional do eucalipto — visando à otimização da nutrição das plantas —, também refletem em plantas saudáveis e bem nutridas e, portanto, mais resilientes a estresses ambientais. Notadamente, a adubação com potássio (K) melhora a resiliência de plantas ao estresse hídrico ao otimizar o equilíbrio hídrico celular, fortalecer os tecidos e, em algumas situações, induzir mecanismos de tolerância à seca (Mendes et al., 2013; Ramos et al., 2021). O K é reconhecido por sua função de manutenção da água nos tecidos vegetais. O potássio regula a abertura e fechamento dos estômatos, controla a pressão osmótica nas células, aumenta a espessura da cutícula e da parede celular, bem como auxilia na fotossíntese em condições de estresse. A eficiência do K no controle do estresse hídrico já foi avaliada inclusive em espécies nativas amazônicas, nas quais a presença de K no solo afetou a taxa de transpiração e melhorou a eficiência de uso da água, indicando que variações na disponibilidade de nutrientes influenciam a fisiologia das árvores e sua capacidade de resistir a secas extremas (Amaral, 2024). Plantas bem nutridas em K apresentam maior resistência a períodos de secas e geadas, por causa da maior retenção de água.

O uso de bioinsumos também pode aumentar a disponibilidade e absorção de nutrientes, fortalecer o sistema radicular e induzir resistência a patógenos. Isso melhora a nutrição e promove maior resiliência do plantio, tornando as árvores mais aptas a suportar condições adversas causadas pelas mudanças climáticas, como déficit hídricos ou temperaturas elevadas. Recentemente, também há bioinsumos específicos

para auxiliar na resiliência a estresse hídrico, recomendado para culturas agrícolas (Auras). O bioinsumo minimiza os efeitos da falta de água, promove a hidratação das raízes, melhora a fisiologia das plantas e permite que elas respondam melhor à escassez de água.

As práticas como cultivo mínimo, plantio em curvas de nível, manutenção de resíduos no solo pós-colheita também ajudam na conservação da umidade do solo e, assim, na redução de estresse hídrico. A manutenção dos resíduos na superfície do solo, além do efeito na conservação da umidade (Debiasi et al., 2022), também contribui no longo prazo com a formação de matéria orgânica no solo. A matéria orgânica tem efeito direto na capacidade produtiva dos solos, relacionando-se com a produção florestal (São Jose et al., 2022). Por sua vez, o talhamento da área produtiva e a alocação de estradas possibilitam a formação de zonas homogêneas, bem como a delimitação do terreno para minimizar as perdas de solo e água do terreno. A degradação do solo e as perdas de serviços ecossistêmicos são impactos diretos das mudanças climáticas. Essas práticas ajudam a minimizar a erosão e a compactação, proteger o solo e incorporar matéria orgânica, bem como conservar solo e água, o que é crucial, dado que o suprimento hídrico para a agricultura brasileira depende quase totalmente das chuvas e é um grande fator de risco climático.

Outra prática que pode ser relevante à adaptação climática em plantios de eucalipto é o plantio em mosaicos florestais. Os plantios em mosaicos intercalam áreas de floresta plantada de eucalipto (em diferentes idades) com áreas circunvizinhas a fragmentos florestais nativos. Essa combinação contribui para a manutenção e conservação de solos, recursos hídricos e biodiversidade. Florestas nativas e biodiversidade desempenham papéis importantes na mitigação da variação climática, absorção de gás carbônico e proteção de nascentes, serviços ecossistêmicos que são impactados pelas mudanças climáticas.

cas. A manutenção da biodiversidade aumenta a resiliência do ambiente de produção.

Com relação a pragas e doenças, as mudanças climáticas influenciam a incidência e gravidade de surtos. A adoção de material genético adequado, resistente ou tolerante a insetos-pragas e doenças, aborda diretamente esse risco aumentado (Ghini, 2005). Além da possibilidade de potencializar pragas e doenças já existentes na cultura, há certa apreensão por novas espécies de pragas ou pragas secundárias/doenças, que, atualmente, são restritas pela baixa temperatura ou condição adversa ao desenvolvimento. O controle biológico, em particular, utiliza predadores ou microrganismos naturais, promovendo um equilíbrio ecológico que pode aumentar a resiliência do sistema florestal contra surtos impulsionados pelo clima. No entanto, existe uma preocupação crescente de que o impacto da mudança climática afete essa simbiose (Forrest, 2015).

Outra alternativa, dentro da gama de possibilidade de alternativas de adaptação, são testes de outros materiais genéticos, potencialmente aptos às condições futuras, seja como base para substituição, seja como fonte de material genético para melhoramento orientado à adaptação das espécies atuais. As estratégias de manejo para adaptação de florestas plantadas à mudança do clima, assim com as estratégias de melhoramento genético, devem considerar diferentes escalas temporais. Maior tolerância das culturas a estresses abióticos (por exemplo, calor, seca, inundação, geada, aumento da temperatura da água) será necessária. No entanto, Chaves (2018) alerta que a seleção de material genético baseado em curto prazo não é totalmente compatível com a adaptação e o desenvolvimento de florestas em locais com clima muito variável.

O mapeamento de áreas de risco e plano de combate a incêndios é uma medida de adaptação planejada que lida diretamente com o aumento da frequência de incêndios florestais

associado à seca e às mudanças nos padrões de precipitação. O planejamento considerando o histórico de incêndios e o tipo de vegetação é parte da gestão de riscos.

Objetivo 3 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas

As plantações comerciais de eucalipto podem estar vinculadas à proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas de diversas formas (Oliveira; Oliveira, 2021). Uma das práticas que contribui significativamente para a biodiversidade é o uso de mosaicos florestais no manejo de plantios comerciais (Reis et al., 2025). Essa prática intercala plantios produtivos com áreas de vegetação natural, criando corredores ecológicos que promovem a conexão de fragmentos florestais. Esses corredores fornecem abrigo e proteção para a fauna e aumentam a dispersão de sementes de espécies nativas. A interligação de fragmentos florestais e a conservação de faixas de vegetação nativa entremeadas à floresta de produção são ações que contribuem para a biodiversidade (Medeiros et al., 2009). O setor florestal tem atuado positivamente no cumprimento da legislação referente a áreas protegidas, como as áreas de preservação permanente (APPs), e frequentemente conserva ou enriquece fragmentos nativos em propriedades com povoamentos plantados que excedem os requisitos legais, mantendo, pelo menos, um hectare preservado para cada um a dois hectares plantados (Garlipp; Foelkel, 2009).

A relação das plantações florestais comerciais com a biodiversidade vegetal e a fauna bem como sua capacidade de conviver com a regeneração natural em seu sub-bosque dependem intrinsecamente da finalidade do empreendimento, sua relação espaço-temporal com a vizinhança e o regime de manejo sustentável. Estudos comprovam a possibilidade de utilização de plantios florestais comerciais como facilitadores da restauração de ecossistemas. Há uma ten-

dência mundial de compreender que plantios comerciais não devem ser vistos apenas como áreas de produção, mas que, se manejados adequadamente para preservar o sub-bosque, podem funcionar como refúgios de biodiversidade para alguns grupos de seres vivos. Isso ajuda a desfazer a ideia de que plantações florestais são invariavelmente “desertos verdes” (Oliveira; Oliveira, 2017).

Trabalhos indicam que, dependendo do manejo, um povoamento de eucalipto pode facilitar a regeneração da vegetação nativa no sub-bosque, possibilitando a restauração florestal (Oliveira; Pinto Júnior, 2021). Constatações mostram que nesses plantios há possibilidade de formação de sub-bosques a partir de sementes trazidas por dispersores naturais ou disponíveis no banco do solo (Onofre et al., 2010; Soares; Nunes, 2013). Mesmo áreas que há muitos anos foram pastagens, quando convertidas em cultivos florestais, oferecem oportunidade de regeneração de espécies nativas e formação de floresta natural. A regeneração natural sob plantações florestais pode catalisar a conservação da biodiversidade. Espécies florestais plantadas podem desempenhar o mesmo papel que espécies pioneiras em uma área (Tabarelli et al., 1993; Silva Júnior et al., 1995). Um projeto no estado do Paraná tem usado o eucalipto como espécie facilitadora para o desenvolvimento de espécies nativas em áreas de reserva legal, utilizando plantios mistos em áreas de pastagem degradada (Oliveira et al., 2011). O eucalipto facilita a regeneração natural e o crescimento de plantas no sub-bosque, protegendo-as do sol intenso e formando um microclima favorável.

As plantações florestais, dependendo das práticas de manejo, podem contribuir para amenizar impactos ambientais e sociais a partir da provisão de serviços ecossistêmicos (Campoe et al., 2014; Silva et al., 2019). Elas afetam uma ampla gama de serviços, incluindo qualidade do solo, sequestro e estoque de carbono, serviços de polinização, dispersão de sementes e

biodiversidade. A produção de mel de eucalipto é beneficiada pelo cultivo, contribuindo para a preservação de polinizadores, especialmente abelhas. O cultivo de eucalipto pode contribuir para a manutenção e expansão do serviço de polinização (serviço de regulação) e produção de mel (serviço de provisão). Reflorestamentos com eucalipto apresentam excelente potencial para a criação de abelhas, e o eucalipto, por raramente necessitar de tratamentos químicos, tem potencial para a certificação de mel orgânico. Sistemas de ILPF e sistemas agroflorestais (SAFs), que utilizam o eucalipto, contribuem como estratégias que permitem a inserção de abelhas e a diversificação produtiva (Santarosa et al., 2014).

Projetos da Embrapa buscam soluções para passivos ambientais, como áreas degradadas, e orientam produtores rurais para a adequação ambiental, apresentando a interação de espécies nativas com florestas comerciais como uma solução para a restauração florestal (Oliveira; Pinto Júnior, 2021). Avaliações ecológicas em sub-bosques de eucalipto e remanescentes florestais, como a biodiversidade da flora e fauna e a regeneração natural, permitem associar o uso da terra com os serviços ecossistêmicos gerados. O uso de geotecnologias também é empregado para selecionar áreas para recomposição



Foto: Magda Cruciol

vegetal e promover a conectividade entre remanescentes florestais (Ronquim et al., 2016).

Portanto, como ressaltado por Reis et al. (2025), as plantações comerciais de eucalipto, quando manejadas adequadamente, podem desempenhar um papel positivo na proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas, por meio da criação de corredores ecológicos, conservação de fragmentos nativos, melhoria das condições do solo e da água, facilitação da regeneração natural no sub-bosque e provisão de serviços ecossistêmicos, como polinização e sequestro de carbono.

Objetivo 4 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas

Pesquisas demonstram que sistemas de manejo adequados em plantios de eucalipto contribuem para a proteção do solo e da água. Nesses sistemas, as perdas de solo e da água permanecem inferiores aos limites de tolerância admissíveis para certas classes de solo, especialmente quando comparados a áreas de solo descoberto ou sob pastagem. Práticas de manejo que reduzem o escoamento superficial e o assoreamento são essenciais para a preservação dos recursos hídricos. O plantio de eucalipto em nível, com a manutenção dos resíduos, reduz a perda de solo e água, demonstrando a importância da cobertura vegetal para o controle do escoamento superficial e da erosão, pois aumenta a infiltração e diminui o fluxo de água na superfície do solo (Cândido et al., 2014). As estradas e/ou aceiros principais devem ser locados no sentido leste-oeste, para facilitar a secagem de seus leitos durante o período chuvoso, e os talhões devem ter seu maior comprimento no sentido norte-sul, para facilitar a extração da madeira (Paiva et al., 2011). O preparo do solo pode ser mecanizado ou manual, dependendo da topografia e/ou das condições do produtor. O preparo mecanizado aplica-se onde a topografia é plana. O preparo

manual é adotado em áreas declivosas, em situações em que não é viável o uso de máquinas agrícolas, ou quando o produtor não possui implementos adequados (Santarosa et al., 2014). Em áreas anteriormente ocupadas por plantios florestais, principalmente em solos argilosos, a colheita mecanizada e o transporte da madeira colhida provocam a compactação do solo. Nesses casos, recomenda-se o preparo do solo na linha de plantio pelo uso de subsolador ou pelo cultivo mínimo. A manutenção dos resíduos da colheita na superfície do solo é um procedimento eficiente na redução da compactação do solo pela colheita mecanizada, na redução da erosão e na manutenção da fertilidade do solo (Santarosa et al., 2014).

As plantações florestais, por causa do seu ciclo longo e da cobertura do solo proporcionada pela serapilheira e sub-bosque, atuam na proteção do solo, reduzindo processos erosivos. No Brasil, a maior área de florestas plantadas é constituída pelo eucalipto, que, além do suprimento de madeira, contribui para o armazenamento de CO₂ da atmosfera. A taxa de crescimento de eucalipto no Brasil é geralmente alta e, para ser obtida, é necessário o uso de corretivos e fertilizantes, em virtude da baixa fertilidade da maioria dos solos onde ela é cultivada (Barros; Comerford, 2002). As florestas de eucalipto apresentam baixas taxas de decomposição, normalmente inferiores a 50% durante o ano, sob diferentes sistemas de manejo e condições edafoclimáticas (Adams; Attiwill, 1986; Louzada et al., 1997; Gama-Rodrigues; Barros, 2002). A serapilheira de eucalipto apresenta alta relação carbono/nitrogênio (C/N), variando de 30 a 100, dependendo da parte da planta estudada, e alta relação carbono/fósforo (C/P) e carbono/enxofre (C/S), resultando na lenta decomposição do resíduo e, assim, incrementando os teores de carbono a longo prazo, principalmente nas camadas mais superficiais (Skorupa, 2001). Vários estudos demonstram que a serapilheira do eucalipto decompõe lentamente, resultando na

imobilização e estocagem de quantia significativa de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) na serapilheira da superfície do solo (Adams; Attiwill, 1986; Chander et al., 1995). O acúmulo de material vegetal na superfície do solo em plantações de eucalipto é considerável e varia de acordo com a espécie, idade do povoamento, taxa de crescimento, qualidade do sítio, condições climáticas e propriedades do solo (Reis; Barros, 1990). Esse material representa grande reservatório de nutrientes e de C, bem como determina a quantidade de matéria orgânica aportada ao solo (O' Connell; Sankaran, 1997). Além disso, a liberação de nutrientes da matéria orgânica depende de sua taxa de mineralização, que, por sua vez, depende da atividade microbiana. Assim, em povoamentos florestais, a serapilheira representa importante via de aporte de C no solo. Em geral, o aumento de tempo de cultivo florestal aumenta o estoque de C no solo. Em povoamentos mais novos, pode haver redução ou pouco efeito das árvores sobre o estoque de C (Schlesinger; Lichter, 2001).

O manejo do eucalipto deve obedecer a todas as práticas, tradicionalmente, recomendadas para o cultivo da espécie, como o controle antecipado de formigas e de cupins; a escolha da espécie/clonagem adequada para o solo e o clima da região; o preparo de solo adequado; a época de plantio; a correção de solo e adubações; a necessidade de replantios, de controle de pragas; as desramas e os desbastes. **Desbastes** periódicos são necessários para favorecer o crescimento das árvores remanescentes. Os desbastes se configuram como o corte das árvores, o qual tem o propósito de aumentar o crescimento individual das árvores que permanecem no sistema e de proporcionar maior entrada de luz no interior do sub-bosque e, dessa forma, reduzir a competição com as culturas intercalares. Porém, dependendo do grau de intensidade que são realizados, podem diminuir a produção final de madeira por área. O desbaste melhora o padrão do povoamento, principalmente em

qualidade, por meio da retirada de indivíduos com má-formação de fuste, baixo crescimento e menor qualidade (Scolforo, 1997). A definição do momento ideal para o desbaste e a quantidade de árvores a serem retiradas dependerá do nível de competição entre as árvores, do espaçamento, sendo recomendado sempre que houver competição entre as árvores, plantas com má-formação, presença de indivíduos dominados e sempre levando-se em conta os objetivos da produção da madeira. A desrama consiste na retirada de ramos e galhos das árvores, promovendo o crescimento das árvores em diâmetro, reduzindo a conicidade, o fendilhamento das toras e a quantidade de nós, o que promove a melhoria da qualidade da madeira e, consequentemente, seu valor potencial no mercado. A desrama é mais recomendada quando se busca madeira de alto valor agregado (serraria, movelaria, entre outros), não sendo viável economicamente nos casos em que a finalidade da madeira seja celulose, energia, construção civil.



Foto: Gabriel Rezende Faria

Objetivo 5 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos

O debate sobre o eucalipto e sua relação com a conservação de recursos hídricos é complexo e envolve diferentes perspectivas. Entretanto,

o eucalipto, quando cultivado de forma sustentável, pode ser um aliado na conservação dos recursos hídricos, contribuindo para a manutenção da qualidade das bacias hidrográficas e para a proteção dos mananciais. No entanto, o cultivo inadequado pode ter impactos negativos, como a diminuição da fertilidade do solo e a erosão.

Ainda que sem fundamentação científica, tem sido atribuída ao eucalipto a capacidade de “secar” os solos das regiões onde é plantado, bem como a de absorver quantidade de água muitas vezes superior às das culturas agrícolas conhecidas. O certo é que as discussões, na maioria das vezes, tratam o tema de forma reducionista, focando-o apenas no balanço da água em plantações florestais comerciais de eucalipto sem, necessariamente, usar a mesma metodologia para os outros usos da terra da mesma região (Fritzson; Parron, 2017).

O Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef) avaliou oito sítios experimentais instalados em diferentes localidades do Brasil, o que permitiu estabelecer relações entre a disponibilidade de água e a produtividade do eucalipto. Segundo os resultados obtidos, sob manejo florestal adequado, o eucalipto usa o recurso de maneira eficiente no que se refere ao consumo de água por quilograma de madeira produzida (Silvicultura..., 2015). Além disso, os estudos consideram que o eucalipto possui alta eficiência no uso da água (volume de madeira produzida por unidade de água consumida), comparado a outros tipos de vegetação.

Outras pesquisas também têm apontado que o cultivo do eucalipto não apresenta perdas de água quando comparado a outras coberturas vegetais. Em 2017, estudaram-se as perdas de água e sedimentos em uma microbacia em Igaratá, SP, sob três tipos de cobertura vegetal: mata nativa, eucalipto e pastagem. A pesquisa foi realizada ao longo de 12 meses, com coleta de dados após eventos de chuva, considerando-se fatores como relevo, tipo de solo e manejo

das áreas estudadas. Os resultados obtidos indicaram que o cultivo de eucalipto, quando manejado com práticas sustentáveis, apresentou perdas de água e sedimentos semelhantes às da mata nativa (Gomes et al., 2017).

Objetivo 6 da Taxonomia Sustentável Brasileira – Transição para economia circular

O cultivo de eucalipto no Brasil já está totalmente integrado ao conceito de economia circular no setor agrícola de várias formas (Santarosa et al., 2014):

Energia: a madeira de eucalipto é amplamente utilizada para geração de energia, especialmente na produção de lenha, carvão vegetal e briquetes, que são utilizados em indústrias, caldeiras e estufas. Essa energia pode suprir a propriedade rural, dependendo de sua atividade e infraestrutura. A demanda por lenha, por exemplo, é significativa, sendo utilizada na secagem de grãos, fornos e sistemas de aquecimento.

Madeira roliça: utilizada em construções rústicas, como cercas, postes, móveis simples e estruturas leves. Recomenda-se tratamento preservativo para aumentar a durabilidade da madeira.

Celulose e papel: árvores jovens de diâmetro definido são utilizadas na produção de celulose para fabricação de papel, embalagens de papel e papelão. A celulose é biodegradável, sendo o principal produto do eucalipto no mercado brasileiro, representando uma fonte importante para substituição de materiais fósseis, como o plástico.

Óleos essenciais e produtos apícolas: algumas espécies produzem óleos essenciais utilizados em higiene, limpeza, farmacêuticos e alimentos. Além disso, as floradas de eucalipto favorecem a produção de mel, própolis e geleia real, que são valorizados no mercado.

Sistemas integrados de produção: a presença de eucaliptos também traz melhorias ambientais e de bem-estar, como redução da erosão, aumento da infiltração de água, ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, também contribuindo para a biodiversidade e o conforto térmico dos sistemas silvipastoris.

Objetivos da Taxonomia Sustentável Brasileira 8 – Geração de trabalho decente e elevação da renda; 9 – Reduzir desigualdade socioeconômicas, considerando aspectos raciais e de gênero; e 10 – Reduzir desigualdades regionais e territoriais do país

As condições climáticas favoráveis do Brasil, aliadas à competência técnica e à sólida base científica desenvolvida ao longo de décadas, conferem à atividade florestal um papel relevante na transformação econômica de diversas regiões do País (Mora; Garcia, 2000). A cadeia produtiva florestal é composta por múltiplos elos interdependentes, cuja dinâmica requer sistemas logísticos bem estruturados e mercados consumidores de madeira consolidados e organizados, características que moldam o funcionamento eficiente do setor (Nunes, 2025).

Nos últimos anos, tem-se observado uma grande expansão da silvicultura de eucalipto para regiões historicamente não tradicionais, como regiões do Centro-Oeste e Norte do País. Esse movimento de descentralização do setor, anteriormente concentrada nas regiões Sul e Sudeste, tem demonstrado ampliação de abrangência territorial do setor. Além disso, acompanha a expansão do agronegócio e evidencia a capacidade de inserção da silvicultura de eucalipto no contexto de sistemas produtivos em regiões emergentes.

Essa expansão evidencia um aspecto importante do setor de florestas plantadas, sua capacidade de favorecer o aumento no fluxo de

investimentos para regiões com índices de desenvolvimento socioeconômico. Esses territórios geralmente apresentam oportunidades industriais limitadas, especialmente relacionadas à carência de infraestrutura logística e gargalos tecnológicos.

O surgimento de polos produtivos dinâmicos ancorados na economia florestal tem contribuído para mudança do quadro socioeconômico de várias regiões, a exemplo dos estados de Mato Grosso do Sul, Maranhão e Bahia. Nesses estados, é nítido os efeitos positivos que transcendem aos aspectos técnicos voltados para a produção de madeira. Exemplos concretos dessa descentralização podem ser observados pela geração de empregos formais, melhoria na infraestrutura regional, maior acesso à educação básica e técnica e, inclusive, na melhoria de aspectos relacionados à saúde e melhoria da qualidade de vida.

A implementação da TSB reforça esse movimento de induzir transformações estruturais fundamentadas em critérios ambientais, sociais e econômicos. Suas diretrizes fornecem um referencial para que a expansão da atividade florestal ocorra de forma integrada ao desenvolvimento territorial, potencializando seus efeitos sobre a geração de empregos, elevação da renda regional, valorização fundiária, além de contribuições diretas no acesso ao crédito.

Considerações finais

A consolidação da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) representa um marco institucional para o setor florestal, sobretudo por induzir o uso de práticas que dialogam com o contexto técnico e ambiental. Sua construção está fundamentada em práticas silviculturais desenvolvidas ao longo dos anos, inclusive, muitas já incorporadas no fluxo produtivo de muitas empresas do setor. A aplicação da TSB representa uma oportunidade para ampliar o acesso de práticas

importantes no contexto da sustentabilidade também para pequenos e médios produtores. Além disso, agrega valor ao estabelecer critérios para o financiamento de um conjunto de práticas já existentes e consolidadas, mas historicamente restritas a grandes empresas com o acesso à certificação.

Importante destacar a perspectiva de abertura de acesso ao crédito para diferentes perfis de produtores, promovendo um nivelamento de condições nas cadeias ligadas ao agronegócio. Evidentemente, um dos maiores desafios é compreender que a TSB não se limita à adoção de práticas que contribuem para uma maior sustentabilidade. Sua aplicação passa pela incorporação de uma lógica produtiva orientada por indicadores de desempenho econômico, ambiental e social. Além disso, é essencial que sua implementação seja adaptada às diferentes realidades agrícolas do País. A realização de capacitações voltadas a produtores e agentes técnicos, bem como o fortalecimento de políticas públicas nos diversos níveis de governança, constitui um conjunto estratégico de instrumentos de ações que contribuem para a plena aplicação da TSB em todo o território nacional.

As diretrizes da TSB fornecem um referencial para que a expansão da atividade florestal ocorra de forma integrada ao desenvolvimento sustentável, potencializando efeitos na geração de empregos, renda, valorização fundiária e acesso a crédito. A TSB vem a contribuir para uma maior consolidação do setor de florestas plantadas, não apenas pela relevância no âmbito produtivo, mas por integrar critérios que fortalecem a sustentabilidade no campo, independentemente do tamanho da propriedade.

Referências

- ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests of south-eastern Australia. **Plant Soil**, v. 92, p. 319-339, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02372483>.
- AMARAL, L. da S. **Suprimento de potássio como mitigador dos efeitos do déficit hídrico em espécies florestais amazônicas**. 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.
- BAENA, E. S. A rentabilidade econômica da cultura do eucalipto e sua contribuição ao agronegócio brasileiro. **Revista Conhecimento Interativo**, v. 1, n. 1, p. 3-9, jul./dez. 2005.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical região tropical. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 487-592.
- BORDORN, B.; OLIVEIRA, R. K. de; HIGA, R. C. V.; OLIVEIRA, I. R. de; ZANATTA, J. A. Adaptação agrícola e florestal às mudanças climáticas. In: ANDREOLI, C. V.; PHILIPPI JUNIOR, A. (ed.). **Sustentabilidade no agronegócio**. Santana de Parnaíba: Manole, 2021. p. 537-560.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **ABC+ Plano Setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo**. Brasília, DF: Mapa, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/abc-portugues.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2025.
- BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 104, n. 1, p. 185-228, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.015>.
- CAMPOE, O. C.; IANNELLI, C.; STAPE, J. L.; COOK, R. L.; MENDES, J. C. T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: from leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, v. 313, p. 233-242, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.016>.
- CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BATISTA, P. V. G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1565-1575, out. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500022>.
- CHANDER, K.; GOYAL, S.; KAPOOR, K. K. Microbial biomass dynamics during the decomposition of leaf litter of poplar and eucalyptus in a sandy loam. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, p. 357-362, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00336107>.
- CHAVES, L. J. Conservação, domesticação e melhoramento de espécies nativas do Cerrado. In: AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. (ed.). **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. p. 93-108.

- DEBIASI, H.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; FRANCHINI, J. C.; FARIAS, J. R. B.; CONTE, O.; CUNHA, G. R. da; MORAES, M. T. de; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MARAFON, A. C. **Níveis de manejo do solo para avaliação de riscos climáticos na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 137 p. (Embrapa Soja. Documentos, 447).
- DEDECEK, R. A.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; SIMON, A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão e na produtividade da acácia negra (*Acacia mearnsii* De Willd.). **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 205-215, July/Sept. 2007. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981952>.
- DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. D. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó-SC. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 59-60, jan./mar. 2014.
- EMBRAPA FLORESTAS. **Eucalipto: perguntas e respostas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 12 maio 2025.
- FORREST, J. R. K. Plant–pollinator interactions and phenological change: what can we learn about climate impacts from experiments and observations? **Oikos**, v. 124, n. 1, p. 4-13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/oik.01386>.
- FRITZSONS, E.; PARRON, L. M. Plantações florestais comerciais e a água. In: OLIVEIRA, Y. M. M.; OLIVEIRA, E. B. **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 31-43.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, p. 193-207, 2002.
- GARLIPP, R.; FOELKEL, C. O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 13., 2009, Buenos Aires. **Desarrollo forestal: equilíbrio vital**. Buenos Aires: FAO, 2009. 18 p.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; MERCÊS, E.; VILLANI, A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na Região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 895-905, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500015>
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; MENEZES, A. A.; CARNEIRO, J. G. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1103-1114, 2010.
- GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104 p.
- GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C.; SOUZA, M. D. de; PEREIRA, A. S.; RONQUIM, C. C.; TÔSTO, S. G.; CAMPINHOS, E. N.; RODY, Y. P. **Perdas de água e de sedimentos sob três tipos de cobertura vegetal na microbacia da Fazenda Santa Marta, Município de Igaratá, SP**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular técnica, 33).
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Ibá 2024: Relatório anual**. São Paulo: IBÁ, 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>. Acesso: 12 maio 2025.
- LOUZADA, J. N. C.; SCHOEREDER, J. H.; MARCO JUNIOR, P. de. Litter decomposition in semideciduous forest and *Eucalyptus* spp. crop in Brazil: A comparison. **Forest Ecology and Management**, v. 94, n. 1-3, p. 31-36, June 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03986-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03986-2).
- MEDEIROS, G. D.; SILVA, E.; MARTINS, S. V.; FEIO, R. N. Diagnóstico da fauna silvestre em empresas florestais brasileiras. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 93-100, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100010>.
- MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F. de; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cerne**, v. 19, p. 603-611, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400010>.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112 p.
- MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. C.; GUIMARÃES, D. P.; MELO, J. T. de; COMASTRI, S. A. **Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1980. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 1).
- NUNES, L. J. R. Reverse logistics as a catalyst for decarbonizing forest products supply chains. **Logistics**, v. 9, n. 1, p. 17, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics9010017>.
- O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralization. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (org.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: Aciar/Csiro, 1997. p. 443-480.
- OLIVEIRA, A. L.; GATTO, A.; FERREIRA, B. S.; PEREIRA, R. S.; ORELLANA, E.; OIAN, F. J.; MOTA, F. C. M.; FONSECA, M. L.; CARVALHO, A. M. A.; SOUZA, E. S.; CANTON, A. V.; MATTOS, D. L.; NOVAES, B. B.; ESTEVAN, D. A. Carbon Storage in Different Compartments in Eucalyptus Stands and Native Cerrado Vegetation. **Forests**, v. 14, n. 8, p. 1507, 2023.
- OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 1160 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/>

bitstream/doc/1131510/1/Livro-Eucalipto.pdf. Acesso em: 13 jan. 2025.

OLIVEIRA, E. B. de; SANTOS, L. M. F.; GOBOR, D.; MORIS, A. C.; TINA, V. Produtividade de plantações de eucalipto intercaladas com espécies nativas em áreas de pastagens degradadas no noroeste do estado do Paraná. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais: resumos expandidos**. Curitiba: Malinovski, 2014. p. 337-340.

OLIVEIRA, E. B. de; SOUSA, L. P.; RADOMSKI, M. I. Regeneração natural em sub-bosque de *Corymbia citriodora* no noroeste do estado do Paraná. **Revista Floresta**, v. 41, n. 2, p. 377-386, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i2.21887>.

OLIVEIRA, E. B. de; SOUSA, L. P.; SANTOS, L. M. F.; GOBOR, D.; MORIS, A. C.; MAXIMIANO, G. A.; TINA, V. S. Eucalipto para restauração florestal com renda para propriedades rurais familiares. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. (org.). **Eucalipto e a Embrapa, quatro décadas de pesquisa**. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2021. p. 667-684.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de. **Plantações florestais**: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 110 p.

ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 39-52, 2010.

PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; TRINDADE, C.; RIBEIRO, G.T. **Cultivo de eucalipto**: implantação e manejo. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2011. 354 p.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; CAMPANHA, M. M.; MAIA, C. M. B. de F.; QUEIROZ, D. L. de; PEIXOTO, R. T. dos G.; FRITZSON, E.; WREGE, M. S. Serviços ecossistêmicos e eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 611-666.

PINTO JÚNIOR, J. E.; SILVEIRA, R. A. A introdução do eucalipto no Brasil pela Embrapa: bases institucionais e sua estruturação para a pesquisa com eucaliptos e corímbias. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. (org.). **Eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2021. p. 33-112.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras**: implantação e manejo. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 48 p.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O.; FRANÇA, G. M. Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de *Craibea aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 4, p. 213-221, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i4.1307>.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (ed.). **Relação solo-eucalipto**. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302.

RESENDE, M. D. V.; ALVES, R. S. Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. (org.). **Eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2021. p. 171-202.

RODRIGUES, G. G.; ZANATTA, J. A.; RACHWAL, M. F. G.; HIGA, R. C. V.; LAVORANTI, O. J.; SILVA, L. D. Methane and nitrous oxide fluxes from clonal eucalyptus forests in different spacing arrangements. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, v. 96, n. 4, p. 618-629, Oct. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad001>.

RONQUIM, C. C.; SILVA, R. F.; FIGUEIREDO, E. B. de; BORDONAL, R. O.; TEIXEIRA, A. H. D. C.; COCHASRK, T. C.; LEIVAS, J. F. Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. In: NEALE, C. M. U.; MALTESE, A. Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVIII. **Coleção**: Proceedings of SPIE, v. 9998, p. 576-589, 2016.

SANCHES, O. A.; YONEZAWA, J. T.; ZEN, S. Evolução do cultivo mínimo em reflorestamentos na Cia. Suzano de papel e celulose. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: CNPFloresta, Ipef, Unesp, SIF, Fupef, 1995. p. 140-147.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. Especial, p. 2723-2733, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700016>.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. (ed.). **Transferência de tecnologia florestal. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais**: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p.

SÃO JOSÉ, J. F. B. de; CHERUBIN, M. R.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; ZANATTA, J. A.; ARAÚJO, E. F.; BAYER, C. A soil quality index for subtropical sandy soils under different *Eucalyptus* harvest residue managements. **Journal of Forest Research**, v. 7, n. 4, p. 93, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040093>.

SCHLESINGER, W. H.; LICHTER, J. Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO₂. **Nature**, n. 411, p. 466-469. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1038/35078060>.

SCOLFORO, J. **Manejo Florestal**. Lavras: Ufla/ Faepe, 1997. 438 p.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SCARANO, F. R.; CARDEL, F. S. Regeneration of an Atlantic Forest in the understory of an *Eucalyptus grandis* stand in Southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 148-152, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400008518>.

Capítulo 8

Práticas sustentáveis para o eucalipto

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; PALMIERI, R.; DOU, Y.; MILLINGTON, J. D. A. Eco-certification protocols as mechanisms to foster sustainable environmental practices in telecoupled systems. **Forest Policy and Economics**, v. 105, p. 52-63, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.016>.

SILVICULTURA e os recursos hídricos. [Piracicaba]: Ipef: IBÁ, 2015. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/pdfs/silvicultura-hidricos.pdf>. Acesso: 6 jan. 2016.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO FERRO NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Anuário Estatístico**: ano base 2024. Santa Efigênia, BH, 2025. Disponível em: <http://sindifer.com.br/sndfr/anuario-estatistico/>. Acesso: 6 jan. 2016.

SKORUPA, A. L. A. **Acumulação e decomposição de serapilheira em povoamento de eucalipto, na Região do Baixo do Rio Doce-MG**. 2001. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOARES, M. P.; NUNES, Y. R. F. Regeneração natural de cerrado sob plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. no

norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 2015-214, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200008>.

TABARELLI, M.; VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. A recuperação da floresta atlântica sob plantios de *Eucalyptus* no núcleo Santa Virgínia, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 2, p. 187-201, 1993.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050982067>.

ZANATTA, J. A.; BORDRON, B.; HOLLER, W. A.; RACHWAL, M. F. G.; ROSSI, L. M. B.; HIGA, R. C. V. Índice de alteração do carbono no solo, em conversões de uso do solo envolvendo plantações florestais no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 342).



Práticas sustentáveis para a piscicultura

Andrea Elena Pizarro Munoz | Danielle de Bem Luiz | Janaina Mitsue Kimpara |
Julio Ferraz de Queiroz | Roger Crescencio | Sandro Loris Aquino Pereira |
Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Introdução

O consumo global de alimentos aquáticos atingiu 165 milhões de toneladas em 2024, aproximadamente o dobro da taxa do consumo anual desde 1961 (FAO, 2025). O consumo per capita global aumentou de 9,1 kg em 1961 para 20,7 kg em 2022. Até 2032, espera-se que a produção de animais aquáticos aumente 10% por causa da expansão da aquicultura e da recuperação dos estoques pesqueiros. Diante desse cenário, iniciativas estão sendo realizadas para que a Transformação Azul — definida como o esforço dirigido para garantir e maximizar de forma sustentável a contribuição dos sistemas alimentares aquáticos para a segurança alimentar, nutrição e dietas saudáveis e acessíveis para todos (FAO, 2022) — ocorra com sucesso, promovendo benefícios distribuídos equitativamente e fomentando a regeneração dos ecossistemas.

A aquicultura contribui para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) (Nações Unidas, 2024), como assegurar segurança alimentar, além de gerar emprego e renda. Globalmente, 61,9 milhões de pessoas trabalham no setor primário de recursos pesqueiros, sendo 24%

mulheres na fase de produção e 62% no processamento, promovendo a equidade de gênero. Além disso, a aquicultura auxilia na mitigação das mudanças climáticas ao apoiar comunidades vulneráveis costeiras e ripárias, aumentar a resiliência, reduzir a vulnerabilidade e diversificar os sistemas alimentares e meios de subsistência (FAO, 2025).

No cenário brasileiro, o cultivo de peixes ou piscicultura é um dos setores mais dinâmicos da agropecuária, contribuindo significativamente para a produção de alimentos e geração de empregos, fortalecendo a economia nacional. Em 2024, a produção de peixes de cultivo no Brasil foi de 968,7 mil toneladas, registrando um crescimento de 9,2% em relação ao ano anterior, de acordo com a Associação Brasileira de Piscicultura (Peixe-BR, 2025). Entre 2015, ano de início do levantamento, e 2024, a produção nacional aumentou 51,8%. Estes números destacam o potencial do setor aquícola nacional, que movimentou aproximadamente R\$ 9 bilhões e gerou cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos em 2024, considerando toda a cadeia produtiva, desde a produção de alevinos até a comercialização, segundo a mesma fonte.

A piscicultura desempenha um papel estratégico na diversificação das atividades agropecuárias, oferecendo uma alternativa sustentável e lucrativa para produtores rurais de diversos portes. A atividade está presente em mais de 3 mil municípios no País, gerando renda e contribuindo para a segurança alimentar, fornecendo proteína de alta qualidade para as comunidades locais (IBGE, 2024). Do total produzido, 68,4% correspondem à tilapicultura, equivalente a 662,2 mil toneladas, posicionando o Brasil como o quarto maior produtor mundial da espécie (Peixe-BR, 2025). O Paraná é o principal estado produtor de tilápia no País. O segundo peixe mais produzido no Brasil é o tambaqui, uma espécie nativa que representa 26,7% da produção nacional (Peixe-BR, 2025). Rondônia destaca-se como o maior produtor de tambaqui e de outros peixes nativos, com 56,5 mil toneladas em 2024. Por essa razão, a TSB foi, nesse momento, focada nessas duas espécies.

O potencial aquícola brasileiro é favorecido pela ampla disponibilidade hídrica, com 12% da água doce do planeta e 5,3 milhões de hectares de águas represadas (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2022). Condições climáticas adequadas, mão de obra e oferta de insumos — como soja e milho — também contribuem para a viabilidade e a expansão da atividade no País. Além disso, o consumo de pescado no Brasil — assim como em nível global — tem crescido, impulsionado pelo aumento da renda e por mudanças nos hábitos alimentares, com maior conscientização sobre saúde e nutrição (Tacon et al., 2020). A tilápia, por exemplo, tornou-se uma presença constante na mesa dos brasileiros, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, onde a aceitação do produto é cada vez maior. As espécies nativas, como tambaqui, matrinxã e pirarucu, fazem parte da alimentação tradicional das populações dos estados da Amazônia, região onde o consumo de pescado per capita supera 30 kg ao ano, o triplo da média nacional (Garcez et al., 2023).

Além do mercado interno, a exportação de pescado brasileiro apresenta grande potencial de crescimento. Em 2024, de acordo com o Centro de Inteligência em Aquicultura da Embrapa (Pedroza et al., 2025), as exportações de peixes de cultivo cresceram 102% em volume, atingindo 13.792 t, e 138% em valor, totalizando US\$ 59 milhões. Os Estados Unidos (EUA) foram o principal destino dos produtos aquícolas brasileiros, respondendo por 89% do valor exportado (Pedroza et al., 2025). Esse avanço foi favorecido pela desburocratização do processo de exportação, incluindo a suspensão da exigência do Certificado Sanitário Internacional (CSI) para envio aos EUA, além da desvalorização do real (Pedroza et al., 2025).

A piscicultura gera impactos econômicos e sociais relevantes em todo o País. Em 2024, o setor acessou R\$ 1,1 bilhão em crédito, dos quais R\$ 998,87 milhões foram destinados ao custeio e R\$ 106,49 milhões a investimentos (Banco Central do Brasil, 2025). As cooperativas de crédito desempenharam papel expressivo, sendo responsáveis por 43,7% do crédito de custeio (Banco Central do Brasil, 2025). Esses recursos são fundamentais para a expansão da produção, modernização das instalações e adoção de tecnologias mais eficientes. As perspectivas para o setor são promissoras, com expectativas de crescimento contínuo, sustentadas pela capacidade do Brasil de expandir sua produção aquícola de forma sustentável.

Fundamentos para a transição rumo à sustentabilidade

Para que ocorra uma transição eficaz do sistema de produção atual para um sistema sustentável, é necessário adotar um conjunto de ferramentas interdisciplinares. É preciso compreender, primeiramente, que a forma de ver o mundo como uma fonte de recursos naturais inesgotável

está no cerne da crise ambiental que se enfrenta hoje (Krenak, 2022). Posteriormente, um passo importante é estabelecer com clareza o ponto de partida e a visão de futuro desejada. Com esse entendimento consolidado, é possível estruturar um plano de implementação que viabilize a transformação almejada. A Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) integra esse esforço, oferecendo diretrizes e boas práticas de manejo (BPM) para orientar investimentos e ações sustentáveis nos setores econômicos nacionais.

Nesse contexto, será apresentado o conceito de aquicultura sustentável utilizado neste trabalho. Em seguida, serão descritas práticas que devem ser incentivadas e financiadas, para, assim, impulsionar a transição do setor aquícola rumo à sustentabilidade. Sendo assim, a aquicultura sustentável pode ser entendida como “o gerenciamento dos recursos financeiros, tecnológicos, institucionais, naturais e sociais, garantindo a contínua satisfação das necessidades humanas para as gerações presente e futura” (Valenti et al., 2018).

A **atividade aquícola** deve ser economicamente viável, considerando-se os impactos econômicos e as externalidades. No aspecto ambiental, deve-se respeitar o uso sustentável dos recursos naturais, dentro de sua capacidade de suporte (Valenti et al., 2018). Socialmente, deve integrar-se à comunidade, criando empregos de qualidade, promovendo a equidade de gênero, respeitando a herança cultural e incentivando a inclusão social e o bem-estar comunitário (Valenti et al., 2018). Por fim, é essencial ter uma governança sólida e instituições robustas, apoiadas por políticas adequadas. Ela compreende o uso de sistemas de produção e tecnologias que minimizam os impactos negativos sobre o meio ambiente, os meios de subsistência e as comunidades, promovendo a saúde e a produtividade dos ecossistemas aquáticos em longo prazo, bem como a garantia de elevados padrões de bem-estar animal (FAO, 2025). Esses e outros aspectos estão presentes no *Guia para Aquicultura*

Sustentável da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (FAO, 2025), que deve ser consultado para mais informações.

Investimentos responsáveis são fundamentais para o desenvolvimento da piscicultura em bases sustentáveis. Isso se deve à necessidade de aportes financeiros em terras, equipamentos e instalações ao longo de toda a cadeia de valor, desde a larvicultura até a comercialização. Além disso, o financiamento é essencial para garantir o fornecimento contínuo de insumos necessários ao funcionamento das operações aquícolas, bem como para fomentar a geração de empregos, abrangendo empreendedores de todos os portes.

Esforços internacionais vêm sendo conduzidos com o intuito de apoiar os investimentos no setor aquícola rumo à sustentabilidade a fim de aumentar os fluxos de investimento no setor, assegurar o sucesso das iniciativas de caráter



Foto: Raquel Brunelli D'Avila

privado em operações sustentáveis e fomentar o crescimento contínuo da aquicultura em conformidade com os principais instrumentos internacionais, como o Código de Conduta para a Pesca Responsável (CCPR), a Agenda Global para a Aquicultura Sustentável (GSA), as Diretrizes Técnicas sobre a Pesca Responsável com foco na Abordagem Ecosistêmica da Aquicultura (TGRF EAA) e os Princípios para o Investimento Privado Responsável na Agricultura e nos Sistemas Alimentares (Princípios RAI), adotados pelo Comitê de Segurança Alimentar Mundial (2014) (CSA).

No contexto nacional, a proposta da TSB dialoga diretamente com o item 8 do Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura (PNDA 2022–2032) (Brasil, 2022b), que estabelece o Programa de Atração de Investidores para a Aquicultura. Esse programa visa ampliar os investimentos no setor não apenas por parte das empresas aquícolas já estabelecidas no País, mas, também, por atores do agronegócio e por fundos e grupos de investimento nacionais e internacionais. Para tanto, é necessário implementar ações que criem um ambiente de negócios mais atrativo e competitivo, tanto no cenário interno quanto externo. Tais ações devem estar alinhadas aos objetivos da TSB, que busca mobilizar e reorientar financiamentos e investimentos públicos e privados para atividades econômicas com impactos ambientais, climáticos e sociais positivos, promovendo um desenvolvimento sustentável, inclusivo e regenerativo. Além disso, pretende-se impulsionar o adensamento tecnológico voltado à sustentabilidade em suas múltiplas dimensões, elevando a produtividade e a competitividade da economia brasileira com base em critérios sustentáveis.

A seguir, são apresentadas práticas recomendadas para orientar os investimentos e conduzir a piscicultura rumo à sustentabilidade, em consonância com os objetivos climáticos e sociais definidos pela TSB.

Contribuições da pesquisa para a sustentabilidade na aquicultura

Diante da rápida expansão da demanda por alimentos e do agravamento das mudanças climáticas, a busca por sustentabilidade em sistemas de produção, incluindo a piscicultura, é uma prioridade no desenvolvimento de pesquisas e inovações para o setor. Nesse contexto, esforços têm sido direcionados para aumentar a eficiência produtiva, ao mesmo tempo que se promovem estratégias de mitigação e adaptação aos novos desafios climáticos. Este tópico apresenta práticas já consolidadas que contribuem para esses objetivos, bem como iniciativas emergentes voltadas a esse novo cenário global. Elas são baseadas em uso mínimo e eficiente da água, da área, de energia, de insumos, bem como na mínima geração de resíduos e outros poluentes na água, atmosfera e solo, como gases do efeito estufa, antibióticos e microplásticos, enquanto promovem a intensificação ecológica dos sistemas, como prestação de serviços ecossistêmicos de biorremediação, provisão de segurança alimentar e descarbonização.

Sistemas de Recirculação de Água (Recirculation Aquaculture Systems – RAS)

Consiste em sistema de recirculação de água (do inglês Recirculation Aquaculture System – RAS), que reutiliza a água no próprio módulo de cultivo, reduzindo em até 90% o consumo hídrico (Badiola et al., 2012). É composto por filtros mecânicos, biológicos, ozonizadores, luz ultravioleta (UV) e aeradores. Usa menor volume de água que os sistemas abertos; promove redução da eutrofização; opera em sistema de monitoramento contínuo da qualidade da água e de arração, tornando-os mais eficientes em relação a sistemas menos intensivos (Ahmed et al., 2021). Além disso, apresenta menor emissão de gases

de efeito estufa (GEE) por quilo de proteína em comparação a outras fontes animais, sendo uma alternativa promissora frente às mudanças climáticas — as emissões de GEE, por quilo de proteína de tilápia produzida em RAS, variam de 23,3 a 175 kg CO₂-e, enquanto em bovinos podem chegar a 280 kg CO₂-e (Melo Júnior et al., 2025).

Bioflocos

Este sistema permite a intensificação da produção de organismos aquáticos com mínima renovação de água e utilização de microrganismos benéficos (bactérias heterotróficas, protozoários, algas e fungos) para controle da qualidade da água e produção de bioflocos proteicos. Reduz consumo de água, recicla nutrientes, fornece alimento natural suplementar, reduz riscos de eutrofização e controla naturalmente os patógenos, por causa da diversidade microbiana do sistema (McCusker et al., 2023).

Integração entre culturas

Esta iniciativa refere-se a sistemas que integram diferentes espécies aquícolas ou agrícolas, como peixes e crustáceos, ou peixes e vegetais (como hortaliças em sistemas de aquaponia), no mesmo ambiente produtivo (David et al., 2022). Esses sistemas combinam organismos com hábitos alimentares complementares, promovendo uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, como água e área, em comparação ao monocultivo. Além disso, reduzem o aporte de nutrientes no sistema, melhoram a qualidade da água, minimizam o uso de insumos químicos, aumentam a produtividade e favorecem o controle biológico de resíduos e doenças (Danish et al., 2021). Essa abordagem diversifica a produção, aumenta a lucratividade e fortalece a resiliência do sistema produtivo (Verma et al., 2023).

Mecanização e automação

Tal prática consiste no uso de tecnologias para intensificar e automatizar a produção aquíco-

la, usando menos recursos naturais e insumos em geral. Exemplos são uso de aeradores, que permitem reduzir a necessidade de troca de água, aumentando a capacidade de suporte dos tanques, possibilitando triplicar ou quadruplicar a produção sem a necessidade de expandir a área cultivada. Por exemplo, produtores de tambaqui alcançam 20 t/ha, enquanto de tilápia chegam a 50 toneladas por hectare, favorecendo principalmente pequenos produtores sem a necessidade de desmatamento (Izel et al., 2013). Além disso, o monitoramento digital e a Internet das Coisas (IoT) permitem o acompanhamento em tempo real de parâmetros, como qualidade da água, temperatura, oxigenação e alimentação dos peixes, por meio de sensores, softwares e dispositivos conectados. Exemplos incluem sensores inteligentes (oxigênio, pH, salinidade, amônia), alimentadores automáticos inteligentes, drones e robôs subaquáticos, automação de aeradores, plataformas de gestão na nuvem. Essas tecnologias reduzem o uso de água e energia, minimizam o desperdício de ração, aumentam a eficiência produtiva e promovem a saúde dos peixes (Sung et al., 2023). Essas tecnologias já estão disponíveis no mercado, embora algumas delas ainda pouco usadas no contexto brasileiro.

Tratamento de efluentes com filtros biológicos

Consiste em sistemas que utilizam bactérias nitrificantes e desnitrificantes para converter compostos nitrogenados tóxicos em formas menos prejudiciais aos peixes, como nitrato e nitrogênio gasoso, que retorna para a atmosfera. Para crescimento bacteriano, são usados substratos de materiais como brita, areia, carvão ativado ou mídias plásticas. Os biofiltros minimizam a concentração de compostos nitrogenados nos efluentes e permitem o reaproveitamento da água de cultivo (Ruiz et al., 2020).

Biorremediação de efluentes com microalgas e plantas aquáticas

Faz-se o uso de organismos vivos (aguapé, lenticilha-d'água, microalgas) para remover poluentes (nitrogênio, fósforo, matéria orgânica). A biomassa pode ser usada como alimento ou biofertilizante. Esse sistema de tratamento de efluentes é um processo natural, de baixo custo e aplicável em várias escalas produtivas (Beheary et al., 2019).

Tratamento de efluentes por meio de lagoas de estabilização e *wetlands* construídos

São sistemas que usam processos biológicos e físicos para remover contaminantes da água. Nas lagoas de estabilização, há sedimentação de sólidos e degradação de matéria orgânica por meio de ação bacteriana. *Wetlands* (áreas úmidas ou alagadas) utilizam macrófitas que filtram poluentes e absorvem nutrientes. Essas são alternativas de baixo custo à aplicação de tratamentos químicos. Para mais informações, consulte Sipaúba-Tavares et al. (2002).

Eficiência na alimentação e na nutrição

A eficiência na alimentação e nutrição está diretamente relacionada às estratégias de mitigação às mudanças climáticas, já que dietas bem formuladas e processadas — com ingredientes de qualidade e fornecidas em quantidades adequadas para cada espécie, fase de desenvolvimento e sistema de produção — garantem maior absorção dos nutrientes pelos peixes e evitam sobras no ambiente que contribuem para a eutrofização da água e poluentes para a atmosfera. O uso de aditivos como enzimas exógenas, probióticos, prebióticos, nutracêuticos e óleos essenciais melhoram a digestibilidade da dieta, fortalecem a saúde dos animais e potencializam o desempenho da produção, sendo uma ação estratégica frente às mudanças climáticas (Huynh et al., 2017).

Além disso, pesquisas têm explorado o uso de ingredientes com menor impacto ambiental, como proteínas de origem vegetal, subprodutos agroindustriais, farinhas de insetos e microalgas (Tubin et al., 2020; Fawole et al., 2021). Outro avanço emergente é a alimentação automatizada por meio de alimentadores automáticos inteligentes integrados a sensores e sistemas baseados em IoT e inteligência artificial, conforme explicado anteriormente. Apesar de essas últimas práticas serem disponíveis para adoção, no Brasil ainda são pouco utilizadas e, ainda, são objeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Genética de qualidade

A **genética aplicada** à piscicultura contribui diretamente para os objetivos da sustentabilidade no que tange ao uso sustentável e proteção de recursos hídricos e redução das desigualdades socioeconômicas. O uso de peixes geneticamente melhorados, com alto desempenho produtivo, permite maior eficiência nos sistemas aquícolas, aumentando a produtividade e, consequentemente, a rentabilidade dos produtores, especialmente em regiões com maior vulnerabilidade econômica. Isso atende à dimensão econômica da sustentabilidade e contribui para a redução das desigualdades regionais e territoriais do País. Além disso, o melhoramento genético, quando aliado a práticas de manejo adequadas, colabora para a preservação da diversidade genética das populações naturais.



Foto: Jefferson Christofolletti

Ferramentas como o mapeamento genético de reprodutores, com uso de tecnologias como TambaPlus e TilaPlus, viabilizam a produção de alevinos de tambaqui e tilápia sem consanguinidade, aumentando a qualidade genética dos peixes e a produtividade (Pedroza filho et al., 2020, 2025).

Programas de melhoramento genético têm gerado linhagens com maior taxa de crescimento e melhor conversão alimentar, reduzindo o ciclo produtivo e aumentando a eficiência no uso de recursos (Yoshida et al., 2022). A edição gênica também surge como uma ferramenta inovadora, permitindo a introdução de características vantajosas, como resistência a doenças, maior massa muscular e supressão da espinha em Y no tambaqui, entre outras aplicações (O'Sullivan, 2020).

Outra estratégia relevante é a produção de animais monosséxo, realizada por meio da reversão sexual de alevinos ou da obtenção de reprodutores neomachos, como no caso do tambaqui (Reis; Almeida, 2019). O cultivo de lotes exclusivamente machos (tilápia) ou fêmeas (tambaqui) pode gerar ganhos significativos de biomassa sem a necessidade do uso de hormônios, cuja aplicação representa um risco ambiental reconhecido em escala global.

Saúde e sustentabilidade na aquicultura brasileira

O fortalecimento da sanidade aquícola no Brasil tem contribuído significativamente para a sustentabilidade da aquicultura nacional ao integrar avanços científicos com práticas de produção ambientalmente seguras e eticamente responsáveis. Inovações como o uso de óleos essenciais, a exemplo de *Lippia sidoides* e seu composto timol, têm demonstrado eficácia antimicrobiana e antiparasitária, além de reduzir o estresse em *Colossoma macropomum* (Majolo et al., 2020; Oliveira et al., 2021; Brandão et al., 2022). Avanços incluem também formulações

nanotecnológicas à base de extratos vegetais, que potencializam a eficácia terapêutica no controle de parasitas (Malheiros et al., 2020; Sebastião et al., 2021), bem como o uso de imunomoduladores sob regulamentações específicas (Brasil, 2009). Vacinas trivalentes e bivalentes contra *Streptococcus agalactiae* e *Aeromonas hydrophila* demonstraram eficiência significativa, com redução de até 75% na mortalidade de tilápias, reforçando sua viabilidade econômica e a diminuição do uso de antibióticos (Delphino et al., 2019; Rivas et al., 2023; Queiroz et al., 2024). No cultivo de camarões, medidas simples, como a retirada de lodo e o manejo do estresse, têm reduzido a incidência de doenças virais (Neves; Martins, 2021).

No diagnóstico de enfermidades, a combinação de métodos clássicos (microscopia, histopatologia) e moleculares (PCR, qPCR) tem permitido a detecção precoce de patógenos em peixes nativos, com destaque para a identificação de *Neoechinorhynchus buttnerae* em viveiros amazônicos (Benavides et al., 2020). A adoção de boas práticas de manejo, do controle da qualidade da água e do uso racional de insumos é reforçada por programas como o Plano Nacional de Sanidade Aquícola (PNSA) e por políticas de certificação voltadas a nichos de mercado diferenciados, como o selo Peixes da Amazônia (Brasil, 2015a, 2015b, 2020). O bem-estar dos peixes cultivados exige a consideração de aspectos como comportamento social, espaço físico e condições ambientais compatíveis com sua biologia, visando conciliar produtividade e ética zootécnica (Maia et al., 2024).

No plano internacional, a integração dos princípios de Saúde Única vem sendo destacada por organismos como a FAO e a Organização Internacional das Epizootias (Office International des Epizooties – OIE), reconhecendo a relação entre saúde animal, saúde humana e mudanças climáticas (OIE, 2021; FAO, 2023; Verkuil et al., 2024). Por fim, pesquisas com probióticos e simbióticos (Azevedo et al., 2016; Souza; Ferreira, 2022),

biomarcadores fisiológicos e imunológicos (Oliveira et al., 2024), bem como ferramentas de edição genômica, como CRISPR/Cas9 (O'Sullivan, 2020), posicionam o Brasil como referência em sanidade aquícola sustentável.

Essas inovações, somadas às políticas públicas do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) e Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) (Brasil, 2009, 2015a, 2015b, 2019), consolidam o Brasil como referência internacional em sanidade aquícola sustentável, equilibrando produtividade, bem-estar animal e conservação ambiental.

Grupo de práticas para uma piscicultura sustentável

Uma das principais estratégias para o desenvolvimento sustentável da aquicultura em escala global tem sido a adoção de um comprometimento mútuo entre os diversos atores que compõem a cadeia produtiva dessa atividade e dos representantes dos órgãos ambientais, com vistas a alcançar um equilíbrio entre a produção aquícola e a preservação ambiental com base nas Boas Práticas de Manejo (BPM) (Boyd et al., 2013, 2020). As BPM consistem em um conjunto de ações concretas, que têm por finalidade aumentar e assegurar a competitividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção aquícola. BPM bem elaboradas podem ajudar os produtores a reduzir ou mitigar os impactos da aquicultura sobre o ambiente; aumentar a eficiência e a produtividade dos sistemas de produção pela redução dos riscos de doenças, contribuir para a melhoria da qualidade dos pescados e para o aumento da segurança alimentar; além de otimizar os benefícios sociais e a sua aceitabilidade social e ecológica (Boyd et al., 2008).

A piscicultura sustentável da tilápia e tambaqui foi incorporada à TSB como uma atividade estratégica para a proteção e o uso racional dos recursos hídricos e marinhos. Essa inclusão re-

flete o compromisso do País com a transição para uma economia mais sustentável, garantindo a viabilidade econômica, social e ambiental da produção aquícola. A definição das práticas foi embasada em critérios técnicos rigorosos que asseguram a conservação dos ecossistemas aquáticos, promovem a redução dos impactos ambientais e contribuem para a segurança alimentar e o desenvolvimento regional.

Entre as principais práticas adotadas, destaca-se o manejo adequado da qualidade da água, um fator essencial para a sustentabilidade da produção. O monitoramento contínuo de parâmetros como oxigênio dissolvido, pH e amônia garante o bem-estar dos peixes e evita a deterioração da qualidade da água e a degradação dos ambientes aquáticos. O tratamento eficiente dos efluentes também desempenha um papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais, reduzindo a concentração de sólidos em suspensão, a carga orgânica e a contaminação da água, bem como prevenindo processos, como a eutrofização, que comprometem a biodiversidade dos corpos d'água.

Outro aspecto indispensável é o manejo alimentar, que deve ser conduzido de forma estratégica para minimizar o desperdício de ração e evitar o acúmulo excessivo de nutrientes nos viveiros. Ao alinhar a alimentação às necessidades nutricionais específicas de cada fase da criação, promove-se o uso mais eficiente da ração e ganhos de produtividade, além de prevenir a poluição da água. O manejo sanitário também se destaca como um pilar essencial da sustentabilidade na piscicultura, exigindo rigoroso controle da saúde dos peixes e a adoção de medidas preventivas, como acompanhamento técnico especializado e realização de biometrias regulares. Dessa forma, é possível minimizar a necessidade do uso de medicamentos, reduzir a ocorrência de doenças e assegurar a qualidade sanitária da produção.

Além disso, a piscicultura sustentável requer a implementação de práticas que permitam

a mensuração do impacto ambiental, social e econômico da atividade. O monitoramento de indicadores-chave garante que a produção esteja alinhada às diretrizes de conservação dos recursos naturais e redução das desigualdades socioeconômicas. Para otimizar ainda mais a eficiência produtiva, o manejo dos sistemas de criação deve considerar fatores como a seleção adequada das espécies, a estrutura dos viveiros e a densidade de estocagem, prevenindo desperdícios e reduzindo riscos ambientais.

A adoção de tecnologias digitais na aquicultura é um fator que impulsiona a rastreabilidade dos produtos, melhora a eficiência no manejo e promove a inclusão de produtores em regiões menos desenvolvidas. A utilização de tecnologias voltadas para a descarbonização, como sistemas de recirculação de água, uso de bioflocos e fontes de energia renovável, contribui para a redução das emissões de GEE e a maior eficiência no uso dos recursos naturais. No âmbito do manejo reprodutivo, o aprimoramento da genética e a melhoria na qualidade dos alevinos impulsionam a produtividade da piscicultura, assegurando, portanto, o equilíbrio entre o aumento da produção e a preservação ambiental.

Dessa maneira, a adoção dessas práticas irá contribuir diretamente para que a produção de tilápia e tambaqui esteja plenamente alinhada aos objetivos da TSB, fortalecendo a conservação ambiental, a eficiência dos sistemas produtivos e a geração de empregos sustentáveis. A implementação dessas diretrizes reforça a aquicultura como uma atividade produtora de alimentos de alto valor nutricional e econômico, ecologicamente responsável, e essencial para a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro.

A seguir, serão apresentadas as práticas alinhadas aos respectivos objetivos da TSB para a piscicultura no Brasil. Essas práticas estão disponíveis para adoção e transferência de tecnologia, bem como já são adotadas pelo setor produtivo.

Manejo da qualidade da água

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 4 (Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas); e 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

O manejo da qualidade da água contribui diretamente para o aumento da produtividade e da sustentabilidade dos sistemas de produção aquícola. Reduz a eutrofização, o desperdício hídrico e promove a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres, garantindo um ambiente produtivo equilibrado ao manter os níveis de oxigênio dissolvido, pH, turbidez e nutrientes dentro de limites ambientais adequados e para o bem-estar dos peixes (Boyd et al., 2008, Frascá-Scorvo et al., 2011, Queiroz, 2016a, 2016b). Ressalta-se que o uso e a ocupação do solo, incluindo o manejo e o uso sustentável das florestas, exercem influência direta sobre a qualidade da água e, consequentemente, sobre a proteção dos recursos hídricos e marinhos. As práticas e os insumos aplicados no meio terrestre inevitavelmente alcançam os ecossistemas aquáticos, impactando a integridade dos corpos d'água e todas as formas de vida — aquáticas e terrestres — que deles dependem.

Manejo do tratamento de efluentes

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 2 (Adaptação às mudanças climáticas); 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos); 6 (Transição para economia circular); e 7 (Prevenção e controle de contaminação).

O uso de unidades de decantação de sólidos em suspensão e de sistemas de recirculação reduzem a liberação de poluentes e protegem os ecossistemas aquáticos. A filtragem biológica e o reuso da água minimizam a dependência de fontes de água externas, reduzem a carga orgânica dos efluentes e evitam a contaminação de rios, lagos e estuários. Medidas como controle

do uso de fertilizantes, filtragem de resíduos, redução das trocas de água evitam impactos sobre a vegetação nativa e os recursos naturais da região e mantêm a qualidade do solo (Boyd; Queiroz, 2004). Tais práticas também estão alinhadas à adaptação às mudanças climáticas, uma vez que contribuem para a resiliência dos sistemas produtivos frente à variabilidade hídrica, promovem o uso eficiente dos recursos naturais e reduzem a vulnerabilidade ambiental associada a eventos climáticos extremos.

Manejo alimentar

Esta prática está alinhada com os objetivos da Taxonomia Sustentável Brasileira: 4 (Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas); e 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

O uso adequado do alimento reduz o desperdício, a deposição excessiva de matéria orgânica no fundo dos viveiros e contribui para a manutenção da qualidade da água, prevenindo a degradação dos sedimentos, a proliferação descontrolada de macrófitas e microalgas, bem como o desequilíbrio do ecossistema (Cyrino, 2010; Santos et al., 2015; Queiroz et al., 2021). Além disso, o uso eficiente da alimentação no arraçoamento contribui para o aproveitamento racional dos ingredientes, majoritariamente oriundos de ambientes terrestres, como soja e milho. Com um manejo alimentar adequado e estratégias nutricionais otimizadas, é possível reduzir desperdícios e maximizar o desempenho zootécnico sem a necessidade de expansão de novas áreas agrícolas. Dessa forma, promove-se o uso sustentável do solo, bem como a conservação, o manejo e o uso sustentável das florestas, em alinhamento com os princípios da sustentabilidade na produção aquícola.

Manejo sanitário

Esta prática está alinhada com o objetivo da TSB: 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

Esta prática assegura um controle sanitário eficaz sem comprometer os recursos naturais, promovendo a biodiversidade e o equilíbrio ecológico, além de minimizar os impactos ambientais ao controlar a contaminação por produtos químicos e medicamentos para tratamento de doenças de peixes. Práticas como quarentena, vacinação e desinfecção de equipamentos promovem um ambiente saudável, reduzindo a necessidade de tratamentos agressivos e prevenindo surtos de doenças que possam comprometer os ecossistemas (Martins, 2004; Fujimoto et al., 2015; Tavares-Dias; Montagner, 2015; Ishikawa et al., 2020).

Manejo de sistemas de produção

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 2 (Adaptação às mudanças climáticas); 3 (Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas); 4 (Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas); e 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

A escolha adequada das espécies, combinada com estruturas produtivas eficientes, contribui para enfrentar oscilações de temperatura e disponibilidade hídrica. O ajuste da densidade de estocagem e o monitoramento da variabilidade climática ao longo do ano permitem o uso de técnicas que reduzem vulnerabilidades e possibilitam a tomada de decisões rápidas para minimizar perdas e otimizar a produção. O manejo eficiente dos sistemas de produção de peixes permite a inclusão de pequenos produtores e agricultores familiares, promovendo a democratização do acesso à atividade aquícola. Além disso, políticas de incentivo à participação de mulheres e grupos étnico-raciais sub-representados contribuem para a equidade dentro do setor (Rodrigues et al., 2013; Lima et al., 2024).

Uso de tecnologias digitais

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 2 (Adaptação às mudanças climáticas); e 5

(Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

O uso de tecnologias digitais favorece a adaptação da aquicultura ao permitir tomadas de decisão baseadas em dados, em tempo real. Sensores ambientais e softwares de monitoramento garantem ajustes rápidos nos sistemas produtivos, reduzindo riscos associados a variações climáticas extremas. Tecnologias como inteligência artificial aprimoram o planejamento da produção, otimizando o uso de insumos e reduzindo desperdícios. Plataformas digitais permitem o acesso remoto a serviços essenciais, como assistência técnica, capacitações on-line e informações meteorológicas, contribuindo para a qualificação profissional e para o bem-estar social dos trabalhadores do setor (FAO, 2025).

Uso de tecnologias para descarbonização

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 1 (Mitigação da mudança do clima); 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos); e 6 (Transição para economia circular).

Tecnologias como sistemas de recirculação de água, bioflocos e sistemas multitróficos integrados aumentam a eficiência energética e reduzem o desperdício de recursos, impactando positivamente a sustentabilidade da aquicultura. A substituição de fontes fósseis por energias renováveis nos sistemas produtivos contribui significativamente para a redução das emissões de GEE. Métodos como análises do ciclo de vida, síntese energética e indicadores de sustentabilidade permitem um monitoramento preciso do impacto ambiental da cadeia produtiva, incentivando a adoção de práticas sustentáveis (Valenti et al., 2018).

Manejo reprodutivo

Esta prática está alinhada com o objetivo da TSB: 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos).

O manejo reprodutivo de acordo com as BPM permite o desenvolvimento de cadeias produtivas aquícolas robustas, garantindo material genético adaptado e acessível em diferentes regiões do País. O fortalecimento da infraestrutura de produção de formas jovens, como alevinos e larvas, aliado à capacitação de produtores locais, possibilita a interiorização da aquicultura e a geração de oportunidades para pequenos e médios aquicultores. A seleção criteriosa de matrizes, o controle da consanguinidade e o uso de ferramentas de monitoramento genético asseguram a qualidade genética das espécies cultivadas e contribuem para a preservação da biodiversidade. O uso de larvas e alevinos bem nutridos reduz impactos ambientais e melhora a resiliência dos sistemas produtivos. Além disso, esse aspecto é essencial para garantir segurança genética para os animais cultivados e a biodiversidade dos organismos nos ambientes naturais, de acordo com os protocolos internacionais. Para mais detalhes, verificar o *Guia para aquicultura sustentável* da FAO (2025).

Mensuração quantitativa da sustentabilidade por conjunto de indicadores

Esta prática está alinhada com os objetivos da TSB: 1 (Mitigação da mudança do clima); 2 (Adaptação às mudanças climáticas); 3 (Proteção e restauração da biodiversidade e ecossistemas); 4 (Uso sustentável do solo e conservação, manejo e uso sustentável das florestas); 5 (Uso sustentável e proteção de recursos hídricos e marinhos); 6 (Transição para economia circular); 7 (Prevenção e controle de contaminação); 8 (Geração de trabalho decente e elevação da renda); e 9 (Redução de desigualdade socioeconômicas, considerando aspectos raciais e de gênero).

A adoção de um conjunto estruturado de indicadores quantitativos é fundamental para avaliar e orientar a sustentabilidade na cadeia produtiva aquícola. Esses indicadores permitem mensurar o desempenho ambiental, social e econômico

das práticas adotadas, alinhando-as diretamente aos objetivos da TSB. Ao subsidiar decisões baseadas em evidências, os indicadores ambientais contribuem para a mitigação da mudança do clima e a adaptação às mudanças climáticas, por meio da seleção de insumos e técnicas que reduzam as emissões de GEE e aumentem a resiliência dos sistemas produtivos. A análise integrada de variáveis relacionadas ao uso da água e do solo favorece a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos e marinhos, bem como o uso sustentável do solo. Do ponto de vista social e econômico, os indicadores apoiam estratégias voltadas à geração de trabalho decente e elevação da renda, estimulando a produção local, a inclusão de grupos tradicionalmente marginalizados e o enfrentamento das desigualdades socioeconômicas, raciais e de gênero. Adicionalmente, ao promover práticas mais eficientes, sustentáveis e integradas, a mensuração quantitativa da sustentabilidade fortalece a transição para uma economia circular, contribuindo também para a prevenção e controle de contaminação e a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas.

Considerações finais

A incorporação da piscicultura de tilápia e tambaqui à TSB representa um avanço normativo relevante para a orientação de investimentos e práticas produtivas em consonância com os compromissos nacionais de desenvolvimento sustentável. Ao estabelecer critérios técnicos claros, a TSB permite alinhar a produção aquícola aos objetivos de mitigação da mudança do clima e adaptação às mudanças climáticas, promovendo simultaneamente a proteção e restauração de ecossistemas aquáticos.

A adoção de práticas baseadas em evidência científica — como o controle da qualidade da água, o manejo sanitário preventivo, o uso eficiente da alimentação, a destinação adequada de efluentes e o melhoramento genético orien-

tado à produtividade e à resiliência — viabiliza a redução da pressão sobre recursos naturais, o uso sustentável do solo e a proteção dos recursos hídricos e marinhos. Essas estratégias fortalecem a base técnica necessária para a transição gradual e segura para modelos de produção circulares, com menor emissão de contaminantes e resíduos.

A mensuração da sustentabilidade mediante indicadores técnicos é elemento estruturante desse processo. Monitoramentos consistentes sobre emissões, eficiência no uso de recursos, bem-estar animal e indicadores sociais permitem avaliar a aderência das operações aos critérios da TSB, garantir maior previsibilidade regulatória e orientar a alocação eficiente de recursos financeiros para atividades de baixo impacto ambiental e alto retorno social.

Nesse contexto, destacam-se duas dimensões centrais relacionadas à pesquisa científica e tecnológica no avanço da sustentabilidade da aquicultura: Em primeiro lugar, é importante reconhecer o papel fundamental que a pesquisa já desempenhou na construção de soluções sustentáveis para o setor, viabilizando inovações como sistemas com uso mínimo de água, com tratamento de efluentes, recirculação, bioflocos; manejo alimentar e nutricional eficientes, melhoramento genético, práticas sanitárias, automação de sistemas, tratamento de resíduos, aplicação de métodos quantitativos para mensuração da sustentabilidade para subsidiar tomada de decisão. Esses avanços foram possíveis graças ao engajamento de centros de pesquisa, universidades e instituições públicas e privadas. No entanto, ainda persistem desafios importantes, como o fortalecimento de redes colaborativas para fortalecimento das organizações sociais e governança no setor aquícola, bem como o desenvolvimento e democratização de tecnologias mais acessíveis para pequenos produtores, que são a grande maioria no Brasil, especialmente as digitais e de precisão, e a superação de barreiras à transferência de tecnologia — que exige

ações coordenadas entre pesquisa, extensão rural e políticas públicas.

Em segundo lugar, a pesquisa cumpre papel estratégico no apoio à formulação e implementação de políticas públicas baseadas em evidências e na oferta de subsídios técnico-científicos ao setor produtivo. A geração de dados qualificados, indicadores robustos e avaliações de impactos em todas as suas dimensões da sustentabilidade são essenciais para orientar decisões regulatórias, atrair investimentos sustentáveis e consolidar a piscicultura como vetor de desenvolvimento regional e nacional. O alinhamento entre ciência, produção e políticas públicas é decisivo para consolidar uma aquicultura brasileira mais resiliente, inclusiva e regenerativa.

Assim, ao integrar múltiplas dimensões da sustentabilidade — climática, ambiental, social e econômica — a piscicultura de tilápia e tambaqui qualifica-se como uma atividade estratégica para a transição do setor agropecuário nacional, consolidando seu papel na construção de sistemas alimentares mais resilientes, regenerativos e alinhados aos objetivos da TSB.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**: relatório pleno. Brasília, DF: ANA, 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf. Acesso em: 10 fev. 2025.
- AHMED, N.; TURCHINI, G. M. Recirculating aquaculture systems (RAS): environmental solution and climate change adaptation. **Journal of Cleaner Production**, v. 297, 126604, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>.
- AZEVEDO, R. V. de; FOSSE FILHO, J. C.; PEREIRA, S. L.; CARDOSO, L. D.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R. de. Suplementação com rebiótico, probiótico e simbiótico para juvenis de tambaqui a duas densidades de estocagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 9-16, jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100002>.
- BADIOLA, M.; MENDIOLA, D.; BOSTOCK, J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. **Aquacultural Engineering**, v. 51, p. 26-35, Nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Tabelas e microdados do crédito rural e do Proagro**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/tabelas-credito-rural-proagro>. Acesso em: 1 mar. 2025.
- BEHEARY, M.; SHETA, B. M.; HUSSEIN, M.; NAWAREG, M.; EL-MATARY, F. A.; HYDER, A. Environmental remediation of tilapia aquaculture wastewater using ceratophyllum demersum and lemna minor. **Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries**, v. 23, n. 2, p. 379-396, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.21608/ejabf.2019.31974>.
- BENAVIDES, M. V.; PEREIRA, S. L. A.; CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O.; SOUZA, C. J. H. de. **Identificação do acantocéfalo Neoechinorhynchus buttnerae em plâncton de viveiros de produção de tambaqui (Colossoma macropomum)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2020. 18 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).
- BOYD, C. E.; D'ABRAMO, L. R.; GLENCROSS, B. D.; HUYBEN, D. C.; JUAREZ, L. M.; LOCKWOOD, G. S.; MCNEVIN, A. A.; TACON, A. G. J.; TELETCHER, F.; TOMASSO JUNIOR, J. R.; TUCKER, C. S.; VALENTI, W. C. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 3, p. 578-633, June 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>.
- BOYD, C. E.; LIM, C.; QUEIROZ, J.; SALIE, K.; WET, L. de; MCNEVIN, A. **Best management practices for responsible aquaculture** Washington, DC: Usaid, 2008. 47 p.
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (ed.). **Tópicos especiais em piscicultura tropical intensiva**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia, 2004. p. 25-43.
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J.; MCNEVIN, A. Perspectives on the responsible aquaculture movement. **World Aquaculture**, v. 44, n. 4, p. 14-21, Jan. 2013.
- BRANDÃO, F. R.; DUNCAN, W. P.; FARIAS, C. F. S.; SOUZA, D. C. de M.; OLIVEIRA, M. I. B. de; ROCHA, M. J. S.; MONTEIRO, P. C.; MAJOLO, C.; CHAVES, F. C. M.; O'SULLIVAN, F. L. A.; CHAGAS, E. C. Essential oils of Lippia sidoides and Mentha piperita as reducers of stress during the transport of Colossoma macropomum. **Aquaculture**, v. 560, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738515>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 23, de 1º de junho de 2022a. Aprova o Regulamento Técnico de Medicamentos Veterinários para uso na Aquicultura. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Aquicultura com sanidade**: programa nacional de sanidade de animais aquáticos de cultivo: manual orientado aos produtores. Brasília, DF, 2020. 33 p. disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/arquivos-programas-sanitarios/AquiculturacomsanidadeManualorientadoaosprodutores.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura – PNDA 2022-2032**. Brasília, DF: Mapa, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/plano-nacional-de-desenvolvimento-da-aquicultura-pnda-2022-2032>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 26, de 9 de julho de 2009. [Aprova o regulamento técnico para a fabricação, o controle de qualidade, a comercialização e o emprego de produtos antimicrobianos de uso veterinário]. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 46, n. 130, p. 14-16, 10 jul. 2009.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Instrução normativa nº 4, de 4 de fevereiro de 2015. Institui o Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo – “Aquicultura com Sanidade”. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 52, n. 27, p. 47, 9 fev. 2015a.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Portaria nº 396, de 22 de setembro de 2015. Estabelece critérios e procedimentos para o registro e licenciamento da aquicultura em águas de domínio da União. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 182, p. 34, 2015b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br>. Acesso em: 1 de abr. 2025

COMITÊ DE SEGURANÇA ALIMENTAR MUNDIAL. Princípios para o Investimento responsável na agricultura e nos sistemas alimentares. Roma: FAO, 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/cfs/home/activities/rai/en/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. de A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, Jul. 2010. Suplemento especial. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>.

DANISH, M. S. S.; SENJYU, T.; SABORY, N. R.; KHOSRAVY, M.; GRILLI, M. L.; MIKHAYLOV, A.; MAJIDI, H. A forefront framework for sustainable aquaponics modeling and design. **Sustainability**, v. 13, n. 16, 9313, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13169313>.

DAVID, L. H.; PINHO, S. M.; AGOSTINHO, F.; COSTA, J. I.; PORTELLA, M. C.; KEESMAN, K. J.; GARCIA F. Sustainability of urban aquaponics farms: an emergy point of view. **Journal of Cleaner Production**, v. 331, 129896, Jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129896>.

DELPHINO, M. K. V. C.; BARONE, R. S. C.; LEAL, C. A. G.; FIGUEIREDO, H. C. P.; GARDNER, I. A.; GONÇALVES, V. S. P. Economic appraisal of vaccination against *Streptococcus*

agalactiae in Nile tilapia farms in Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 162, p. 131-135, Jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.12.003>.

FAO. **Animal Health and Climate Change**: protecting the health of animals to help reduce the effects of our changing climate on hunger and poverty. Rome, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca8946en/CA8946EN.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2025.

FAO. **Blue transformation**: roadmap 2022-2030: a vision for FAO's work on aquatic food systems. Rome, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0459en>.

FAO. **Guidelines for Sustainable Aquaculture (GSA)**. Roma: FAO, 2025. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/74874c9b-237b-415e-b522-9e24d9025550>. Acesso em: 1 jul. 2025.

FAWOLE, F. J.; LABH, S. N.; HOSSAIN, Md S.; OVERTURE, K.; SMALL, B. C.; WELKER, T. L.; HARDY, R. W.; KUMAR, V. Insect (black soldier fly larvae) oil as a potential substitute for fish or soy oil in the fish meal-based diet of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Animal Nutrition**, v. 7, n. 4, p. 1360-1370, Dec. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.008>.

FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E. Boas práticas de manejo (BPM) aplicadas à qualidade da água da aquicultura em viveiros e tanques-rede instalados em reservatórios. In: AYROSA, L. M. S. (coord.). **Piscicultura**. Campinas: Catí, 2011. p. 161-174. (Manual técnico Catí, 79).

FUJIMOTO, R. Y.; ISHIKAWA, M. M.; IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O.; BENAVIDES, M. V.; HIDE, D. M. V.; SILVA, R. V. B.; SANTOS, B. de J.; PAIXÃO, P. E. G.; CORREA JUNIOR, E. C.; CHAGAS, E. C.; DOMPIERI, M. H. G. **Doenças parasitárias e manejo profilático de tambaquis (*Colossoma macropomum*) na Região do Baixo São Francisco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 41 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 195). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042153/1/DOC195.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

GARCEZ, J. R.; SILVA, E. L. C. da; FERREIRA, R. C.; SANTOS, G. F. D. dos; LOPES, A. da S.; OLIVEIRA, J. B. de; FREIRE, G. M. Comercialização e consumo de pescado durante o período religioso da quaresma em um município amazônico, Brasil. **Recima21: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 2, p. 1-17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i2.2673>.

HUYNH, T. G.; SHIU, Y. L.; NGUYEN, T. P.; TRUONG, Q. P.; CHEN, J. C.; LIU, C. H. Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture: a review. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 64, p. 367-382, May 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.035>.

IBGE. **PPM - Pesquisa da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 5 abr. 2025.

- ISHIKAWA, M. M.; QUEIROZ, J. F. de; NASCIMENTO, J. L. do; PÁDUA, S. B. de; MARTINS, M. L. **Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo sanitário para a piscicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 28 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 126). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127526/1/Ishikawa-Uso-biomarcadores-2020.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- KRENAK, A. **Futuro ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.
- LIMA, A. F.; SILVA, A. P. da; RODRIGUES, A. P. O.; SOUSA, D. N. de; BERGAMIN, G. T.; LIMA, L. K. F. de; TORATI, L. S.; PEDROZA FILHO, M. X.; MACIEL-HONDA, P. O.; FLORES, R. M. V. **Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 154 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1167143/1/manual-2024-2edicao.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2025.
- MAHAMUNI, C. V.; GOUD, C. S. Unveiling the Internet of Things (IoT) Applications in Aquaculture: A Survey and Prototype Design with ThingSpeak Analytics. **Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies**, v. 5, n. 2, p. 152-174, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36548/jucct.2023.2.004>.
- MAIA, R. A.; SARAIVA, J. L.; VOLSTORF, J.; GOLÇALVES-DE-FREITAS, E. Surveying the welfare of farmed fish species on a global scale through the fair-fish database. **Journal of Fish Biology**, v. 105, n. 3, p. 960-974, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfb.15846>.
- MAJOLO, C.; SILVA, A. M. S.; MONTEIRO, P. C.; BRANDÃO, F. R.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C. Atividade antibacteriana do óleo essencial e extratos de *Lippia sidoides* (Cham.) Verbenaceae e do timol frente à *Aeromonas hydrophila*. **Biota Amazonia**, v. 10, n. 2, p. 46-49, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n2p46-49>.
- MALHEIROS, D. F.; SARQUIS, I. R.; FERREIRA, I. M.; MATHEWS, P. D.; MERTINS, O.; TAVARES-DIAS, M. Nanoemulsions with oleoresin of *Copaifera reticulata* (Leguminosae) improve anthelmintic efficacy in the control of monogenean parasites when compared to oleoresin without nanoformulation. **Journal of Fish Diseases**, v. 43, n. 6, p. 687-695, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfd.13168>.
- MARTINS, M. L. Cuidados básicos e alternativas no tratamento de enfermidades de peixes na aquicultura brasileira. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, 2004. p. 357-370.
- MCCUSKER, S.; WARBERG, M. B.; DAVIES, S. J.; VALENTE, C. de S.; JOHNSON, M. P.; COONEY, R.; WAN, A. H. L. Biofloc technology as part of a sustainable aquaculture system: a review on the status and innovations for its expansion. **Aquaculture Fish and Fisheries**, v. 3, n. 4, p. 331-352, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/aff2.108>.
- MELO JÚNIOR, A. M. de; KOSTEN, S.; DUQUE, V. L. da C.; SANTOS, A. A. O.; AMADO, A. M.; SORANGO, L. C.; DREISE, J.; MARTINS, A. C.; NASÁRIO, J.; BARBOSA, A. P. D.; MUZITANO, I. S.; CARDOSO, G. M.; BARBOSA, I.; PARANAÍBA, J. R.; OLIVEIRA, G. R. de; ALMEIDA, R.; ROLAND, R.; BARROS, N. Low carbon footprint of Nile tilapia farming with recirculation aquaculture. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 217, 108201, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108201>.
- MOURA FILHO, J. O. F.; GOMES, K. A. S.; SILVA FILHO, F. G. D. da; AMORA, M. A. B.; PAULA JÚNIOR, I. C. de; PINTO, V. P. Aprendizado de máquina na carcinicultura: diagnóstico da doença da mancha branca em camarões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 14., 2023, Natal, RN. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 294-301. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbiagro.2023.26571>.
- MUNNI, M. J.; AKTHER, K. R.; AHMED, S.; HOSSAIN, M. A.; ROY, N. C. Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics as an Alternative to Antibiotics on Growth and Blood Profile of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, ID 2798279, 2023. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/2798279>.
- NEVES, S. R. de A.; MARTINS, P. C. C. Surgimento das doenças virais na Carcinicultura Brasileira: impactos e estratégias da gestão de saúde. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 61925-61944, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-529>.
- OLIVEIRA, J.; OLIVA-TELES, A.; COUTO, A. Tracking biomarkers for the health and welfare of aquaculture fish. *Fishes*, v. 9, n. 7, p. 289, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes9070289>. OLIVEIRA, M. I. B.; BRANDÃO, F. R.; SILVA, M. J. R.; ROSA, M. C.; FARIAS, D. S. dos S. In: vitro anthelmintic efficacy of essential oils in the control of *Neoechinorhynchus buttnerae*. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, p. 509-522, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1921065>.
- NAÇÕES UNIDAS. **The Sustainable Development Goals Report**. New York: Department of Economic and Social Affairs, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18356/9789213589755>.
- OIE. World Organisation for Animal Health. **OIE Aquatic Animal Health Strategy 2021-2025**. Paris, 2021.
- O'SULLIVAN, F. L. de A. **Edição genômica e seu potencial para a aquicultura brasileira**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2020. 22 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 148). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128455/1/Doc148.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.
- PEDROZA FILHO, M. X.; FLORES, R. M. V.; IANELLA, P.; CASTILHO-BARROS, L.; OLIVEIRA, É. J.; CAETANO, A. R. **Tambaqui**: benefícios econômicos com a adoção do TambaPlus Parentesco. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. 18 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Comunicado técnico, 4).

- PEDROZA FILHO, M. X.; ROCHA, H. S.; RIBEIRO, V. S. **Exportações da piscicultura brasileira cresceram 138% em 2024**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2025. 11p. (Informativo Comércio Exterior da Piscicultura, 20). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1169997/1/InfComExPisci-20.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- PEIXE-BR. **Anuário 2025**: Peixe BR da piscicultura. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2025. 130 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- QUEIROZ, G. A. de; SILVA, T. M. F. e; LEAL, C. A. G. Duration of protection and humoral immune response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) vaccinated against *Streptococcus agalactiae*. **Animals**, v. 14, n. 12, 1744, June 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14121744>.
- QUEIROZ, J. F. de. **Boas Práticas de Manejo (BPM) para a aquicultura em viveiros escavados e em reservatórios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016a. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 25). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056919/1/2016CT02.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- QUEIROZ, J. F. de; ALVES J. M.C.; LOSEKANN, M. E.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente, 2021. Documentos, 130). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131706/1/SERIE-DOCUMENTOS-130-JULIO-06-05-21.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016b. 9 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado técnico, 54). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1062610/1/2017CT03.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- REIS, A. P. A. W. dos; GODOY, A. C.; SILVA, C. A. H. da; SCARDUA, M. P.; FERREIRA, D. D.; OLIVEIRA, D. F. R. de; ZANELLA, J.; NEU, D. H. Aditivos na dieta de peixes com capacidade de modular o sistema digestivo: prebióticos, probióticos e ácidos orgânicos - uma revisão. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, e4927, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n5-202>.
- REIS, V. R.; ALMEIDA, F. L. Effect of 17 β -oestradiol on the sex ratio of tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 1, p.154-161, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13878>.
- RIVAS, A. V.; SANTOS, A. G. V. dos; SOUZA, A. B. de; BUENO JUNIOR, G.; SOUZA, G. F. de; SOUZA, E. M. de; NUNES, L. de C.; VIANA, K. F. Bivalent Vaccine against *Streptococcus agalactiae* and *Aeromonas hydrophila* in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*): a laboratory-phase and large-scale study. **Animals**, v. 13, n. 21, 3338, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13213338>.
- RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. dos. (ed.). **Piscicultura de água doce**: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1082280/1/Piscicultura-de-Agua-Doce-2013.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- RUIZ, P.; VIDAL, J. M.; SEPÚLVEDA, D.; TORRES, C.; VILLOUTA, G.; CARRASCO, C.; AGUILERA, F.; RUIZ-TAGLE, N.; URRUTIA, H. Overview and future perspectives of nitrifying bacteria on biofilters for recirculating aquaculture systems. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1478-1494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12392>.
- SANTOS, M. M.; CALUMBY, J. A.; COELHO FILHO, P. A.; SOARES, E. C.; GENTELINI, A. L. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 387-395, 2015.
- SEBASTIÃO, F. de. A.; OLIVEIRA, M. I. B. de; ROCHA, M. J. S.; SOUZA, D. C. de M.; RIBEIRO, P.; MAJOLA, C.; CRESCÊNCIO, R.; CHAGAS, E. C. Effect of a food additive in the control of the acanthocephalan *Neoechinorhynchus buttnerae* in *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 2, p. 635-642, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14920>.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floating plant. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, 4A, p. 713-723, Nov. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842002000400019>.
- SOROKA, M.; WASOWICZ, B.; RYMASZEWSKA, A. Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP): the better sibling of PCR? **Cells**, v. 10, n. 8, 1931, July 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells10081931>.
- SOUZA, F. L. de; FERREIRA, M. W. Inclusão de probióticos na piscicultura para o estímulo à resposta imune inata e enriquecimento fisiológico – Revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 71766-71775, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-068>.
- SOUZA, F. R. de; FERREIRA, M. A.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Aplicação de micro-organismos e algas como probióticos, prebióticos e simbióticos na aquicultura. In: OPEN Science Research IV. Guarujá: Científica Digital, 2022. p. 143-158. DOI: <https://doi.org/10.37885/978-65-5360-141-3>.
- SUNG, W. T.; ISA, I. G. T.; HSIAO, S. J. An IoT-based aquaculture monitoring system using firebase. Computers. **Materials & Continua**, v. 76, n.2, p. 2179-2200, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.041022>.

Capítulo 9

Práticas sustentáveis para a piscicultura

TACON, A. G. J.; LEMOS, D.; METIAN, M. Fish for health: improved nutritional quality of cultured fish for human consumption. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 28, n. 4, p. 449-458, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1762163>.

TAVARES-DIAS, M.; MONTAGNER, D. **Uso e principais aplicações do sal comum na piscicultura de água doce**. Macapá: Embrapa Amapá, 2015. 38 p. (Embrapa Amapá. Documentos, 89). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037832/1/CPAFAP2015DOC89salpisciculturav4.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2025.

TUBIN, J. S. B.; PAIANO, D.; HASHIMOTO, G. S. de O.; FURTADO, W. E.; MARTINS, M. L.; DURIGON, E.; EMERENCIANO, M. G. C. Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc System. **Aquaculture**, v. 519, 734763, Mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734763>.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. de L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological Indicators**, v. 88,

p. 402-4013, May 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>.

VERMA, R. C.; CHAITHANYA, G.; SACHAN, P.; THILAGAM, P.; BAHADUR, R.; KUMAR, N.; SINGH, B. V.; MAHESHA K. N. Exploring hydroponics and the associated technologies for use in medium-and small-scale operations: a review. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 10, p. 4474-4483, 2023. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i103125>.

VERKUIJL, C.; SMIT, J.; GEEN, J. M. H.; NORDQUIST, R. E.; SEBO, J.; HAYEK, M. N.; HOTEL, J. Climate change, public health, and animal welfare: a One Health approach. **Frontiers in Animal Science**, v. 5, p. 1-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1281450>.

YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA, C. A. L. de; CAMPOS, E. C.; TODESCO, H.; ARAÚJO, F. C. T.; KARIN, H. M.; ZARDIN, A. M. S. O.; BEZERRA JÚNIOR, J. S.; ALEXANDRE FILHO, L.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P. A breeding program for Nile tilapia in Brazil: results from nine generations of selection to increase the growth rate in cages. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 139, n. 2, p. 127-135, Mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbg.12650>.





Capítulo 10

Contribuições da Embrapa para a construção da Taxonomia Sustentável Brasileira

Lições aprendidas e próximos passos

Danielle Alencar Parente Torres | Otávio Valentim Balsadi |
Antonio Flavio Dias Avila | Jamil Macedo | Aryeverton Fortes de Oliveira

Introdução

A construção da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), especialmente no âmbito do capítulo referente à seção A da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE A), foi um processo complexo e desafiador, que envolveu múltiplos atores, escolhas técnicas criteriosas e uma estrutura robusta de governança. A partir dessa experiência, diversos aprendizados emergiram, tanto no que diz respeito ao próprio conceito e ao desenho para construção da TSB quanto à operacionalização prática de seus critérios para as atividades selecionadas. Este capítulo apresenta uma reflexão sobre os principais aprendizados adquiridos ao longo desse processo, destacando elementos-chave para o aperfeiçoamento contínuo da TSB.

Além dos aprendizados técnicos e institucionais, evidenciou-se a importância de estabelecer mecanismos adequados de acompanhamento e atualização contínua da TSB, de forma a garantir sua aderência às diferentes realidades socioprodutivas e sua compatibilidade com a evolução científica, tecnológica e regulatória. Também são discutidos os principais desafios e riscos associados à sua implementação.

O capítulo ainda explora os próximos passos necessários para ampliar o escopo da TSB, tanto em termos de ampliação de atividades contempladas quanto da necessidade de consideração e implementação da TSB, olhando-se para a propriedade rural de forma holística e integrada. Por fim, o processo de construção dos anexos, com as planilhas contendo as práticas sustentáveis para cada atividade, e a consulta pública

apontam que surgirão novas demandas para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Assim, este capítulo busca sistematizar as lições aprendidas e contribuir para o fortalecimento da taxonomia como um instrumento estratégico para a transição para uma economia mais sustentável e inclusiva.

Aprendizados

Sobre a definição de uma taxonomia

A contribuição da Embrapa para a construção do capítulo referente à CNAE A da TSB teve início com discussões sobre a definição e o conceito de “taxonomia”. Um dos primeiros pontos a serem analisados foi a terminologia em si, uma vez que, nas áreas de ciências agrárias e biológicas, o termo “taxonomia” é amplamente empregado para designar a classificação sistemática dos seres vivos. No contexto das finanças sustentáveis, a taxonomia também representa uma classificação, mas voltada para a categorização de **atividades econômicas sustentáveis**. A escolha do termo foi, em grande parte, influenciada pela sua adoção em vários países, o que levou à sua incorporação no Brasil, visando alinhar o País às normativas globais.

Dessa forma, a principal justificativa para a adoção do termo “taxonomia” no contexto brasileiro foi a necessidade de garantir a interoperabilidade com outras taxonomias internacionais. A utilização da mesma terminologia visa evidenciar que o Brasil adota instrumentos alinhados às práticas globais, promovendo maior clareza e atratividade para investidores. A interoperabilidade, nesse contexto, refere-se à capacidade de diferentes sistemas, taxonomias ou arcabouços operarem de maneira integrada e harmoniosa, assegurando comparabilidade, coerência e alinhamento entre eles. No âmbito das finanças sustentáveis, isso implica que as definições, princípios, objetivos, setores e critérios estabelecidos por uma taxonomia devem ser compatíveis

com aqueles adotados por outras iniciativas regionais ou internacionais (United Nations Environment Programme, 2023). Tal interoperabilidade é fundamental para:

Facilitar fluxos de capital internacional: investidores globais podem confiar em definições consistentes e comparáveis.

Evitar fragmentação de mercado: reduz custos e complexidades para avaliar ativos e projetos em diferentes regiões.

Promover transparência: garante clareza nas definições e critérios, evitando *greenwashing*.

Apoiar metas globais: como o Acordo de Paris, ao alinhar esforços regionais e internacionais.

Foto: José Rey Santos Souza



Apesar da necessidade de interoperabilidade, é preciso também considerar as características e especificidades locais, ponto importante ressaltado pelos responsáveis pela metodologia e construção da TSB. Nas discussões com os envolvidos nos diferentes grupos de trabalhos (GTs) da Embrapa, as características do Brasil — como os sistemas integrados, as diferentes safras de um mesmo produto no ano, e outras características da agricultura tropical — implicam especificidades que precisam ser consideradas e adaptadas, já que podem se diferenciar bastante de outros países.

A forma de conciliar as características próprias dos países com a interoperabilidade são os critérios e princípios. Este desenho de critérios e princípios, de um lado, sinaliza aos investidores que se está implantando essa ferramenta da taxonomia e, de outro, também ajuda na definição das práticas, atividades, projetos que podem ser considerados elegíveis, ou seja, são os parâmetros que guiam essa construção.

Sobre o desenho da Taxonomia Sustentável Brasileira e o seu reflexo na construção do Capítulo CNAE A

O desenho da TSB previu três critérios gerais, sendo dois considerados como premissa para que o investimento, ativo ou projeto seja elegível para financiamento, os quais são:

- 1) Não causar danos significativos, o que significa que a atividade não pode prejudicar nenhum dos outros objetivos estabelecidos.
- 2) Cumprir salvaguardas mínimas, ou seja, a atividade deve atender aos padrões básicos de sustentabilidade social, ambiental e climática, respeitando-se todas as normativas e leis que regulam e regulamentam esses temas.

O terceiro critério foi de contribuição substancial, ou seja, a atividade deve contribuir significativamente para, pelo menos, um dos objetivos definidos pela TSB. Nessa primeira etapa de construção da TSB, a Embrapa trabalhou, sobretudo, indicando práticas que contribuem para os objetivos específicos da TSB. Em muitos casos, as práticas contribuíam para mais de um objetivo, e os membros do GT deixaram destacado quando isso ocorria.

Nas primeiras fases de discussão e preenchimento da planilha de levantamento de práticas, também apareceram algumas salvaguardas, mas, como elas estão sendo tratadas em capítulo especial, elas acabaram não entrando nem nos anexos das culturas escolhidas e nem no capítulo CNAE A. Para a definição da prática e sua relação

com o(s) objetivo(s) da TSB, é onde surge a necessidade da base e das evidências científicas, que é o primeiro princípio considerado na TSB.

Os princípios orientam a construção de critérios e limites técnicos específicos, garantindo que a TSB seja inclusiva, robusta e adaptável às necessidades nacionais. No caso da TSB, os princípios são (Brasil, 2023):

Base científica: os critérios devem ser fundamentados em dados científicos, alinhados aos compromissos nacionais e internacionais, como as contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) e os dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC).

Critérios técnicos: prioriza-se o uso de métricas quantitativas para estabelecer limites concretos, podendo incluir métricas qualitativas quando necessário.

Impactos de ciclo de vida: avaliação holística das atividades, considerando impactos ao longo de todo o ciclo de vida, observando o princípio de custo-efetividade.

Coerência: alinhamento com objetivos, acordos e padrões internacionais, além de políticas e regulações nacionais, promovendo indução à transição sustentável.

Consistência: metodologia uniforme para garantir nivelamento das exigências entre setores e atividades, estabelecendo condições equitativas.

Proporcionalidade: inclusão de requisitos diferenciados para pequenos e grandes usuários, revisados periodicamente.

Aplicabilidade: equilíbrio entre simplicidade e complexidade para garantir credibilidade e facilitar a aplicação prática.

Ferramenta evolutiva: revisões periódicas dos critérios, considerando avanços tecnológicos, reformas regulatórias e novos compromissos.

Para o **princípio de critérios técnicos**, foram apontadas variáveis e formas de monitoramento de que a prática está sendo adotada. A parte mais quantitativa, a construção de indicadores, não foi explorada nessa etapa de levantamento de práticas, portanto, espera-se que haja mais discussão na fase de implementação da TSB com aprimoramentos que atendam melhor o princípio.

No caso do **princípio da proporcionalidade**, durante as discussões em todos os GTs da Embrapa houve preocupação de que, ao apontar uma prática específica, poderiam estar sendo excluídos pequenos produtores. Para essa reflexão, primeiro decidiu-se adotar uma classificação de práticas básicas, intermediárias e avançadas, para que, no momento da implementação, pudesse ser feito algum tipo de diferenciação que não prejudicasse os **pequenos produtores**. Por exemplo, para agricultores familiares não haveria necessidade de adoção de práticas intermediárias e/ou avançadas, ao passo que para produtores de maior porte, para que sejam elegíveis, um número mínimo de práticas intermediárias poderia ser estabelecido. Apesar de o exercício ter sido feito, como não estava se tratando de propriedade ou imóvel rural nessa etapa da TSB, a coordenação considerou apropriado deixar essa classificação (básica, intermediária e avançada) fora do anexo que foi disponibilizado para consulta pública.

O **princípio da aplicabilidade** também apareceu em diversas reuniões. De um lado, sempre a preocupação de que as práticas fossem claramente apoiadas pela ciência, considerando-se o rigor científico. Por outro lado, a preocupação de que a ferramenta poderia se tornar bastante complexa para ser compreendida pelos produtores (tomadores de crédito) e também para implementação nas instituições financeiras. Esse princípio deverá ser um tópico de reflexão e melhoria no momento de implementação da ferramenta, e as primeiras rodadas de crédito da TSB terão papel fundamental para melhorar o instrumento. Mas, só para ilustrar como essa preocu-

pação esteve presente no levantamento das práticas, no caso do café, a lógica de construção e a preocupação foram de eleger práticas que não compliquem economicamente a vida do produtor e que reflitam em resultados sustentáveis. Por exemplo, os membros do GT destacaram a importância da seleção da variedade adaptada à região, porque isso reduz o consumo de água e o excesso de nutrientes, sem onerar o produtor.

Foto: Talmir Quinzeiro Neto



Para o **princípio de consistência**, entende-se que esse princípio está muito ligado à coordenação geral da TSB. No caso específico do CNAE A, a sugestão foi de fazer um levantamento mais restrito de atividades consideradas nessa primeira etapa, para ter certa uniformidade entre os diferentes setores/CNAEs.

Por fim, o **princípio de ferramenta evolutiva** foi bastante utilizado para explicar que, nessa primeira etapa da TSB, se começa com alguns produtos, algumas cadeias, em que o governo e o setor financeiro já possuem experiência de crédito. A partir dessa primeira experiência, se-

não incluídos aos poucos outros produtos, aproveitando-se todo o acúmulo teórico e prático dos GTs nesse primeiro ano de trabalhos conjuntos. A título de ilustração, entre os produtos em que se adotam sistemas de produção similares aos de soja e milho, por exemplo, poderiam ser considerados os grãos e oleaginosas. De forma geral, o pinus poderia ser um candidato para aproveitar a experiência do levantamento feito pelo eucalipto, enquanto outras culturas perenes, como a citricultura, poderiam aproveitar o levantamento feito para o café, e assim sucessivamente. Outras práticas também podem ser inseridas ao longo do tempo, por isso esse princípio é fundamental para a flexibilidade e aperfeiçoamento da TSB.

Formas de acompanhamento

Indicadores de implementação e monitoramento

As estratégias de monitoramento identificadas pelos diferentes grupos apresentaram variações, mas também similaridades. No caso específico da cultura do café, foram mapeadas dez práticas e 43 componentes associados, sendo que os respectivos indicadores de implementação e monitoramento estão vinculados a esses componentes. Observou-se recorrência em determinadas metodologias de verificação, como a comprovação da adoção das práticas por meio de evidências observacionais, geralmente requerendo validação *in loco*. Contudo, em determinados contextos, a detecção remota por meio de imagens de satélite pode se mostrar suficiente para inferir a adoção das práticas. Além disso, outra forma recorrente de monitoramento foi a utilização de registros sistemáticos, como cadernos de campo ou outros dispositivos de coleta e armazenamento de dados.

Na fase de implementação da TSB, pode ser que seja possível definir melhor o que poderá ser

verificado apenas no local e o que poderá ser verificado por meio de imagem de satélite. Da mesma forma, nessa fase, será necessária uma melhor definição dos vários tipos de instrumentos de registros disponíveis, além do caderno de campo, como a comprovação via nota fiscal e outros tipos de informação que possam permitir um melhor monitoramento da prática.

No grupo de trabalho (GT) do binômio soja-milho, foram oito práticas e 13 componentes das práticas apresentados com seus itens elegíveis para crédito. Assim como observado na cultura do café, o monitoramento da adoção das práticas do binômio pode ser realizado por meio de verificação em campo ou com o uso de tecnologias de sensoriamento remoto. Outras formas de comprovação incluem análises de solo — físicas, químicas e biológicas, conforme a natureza da prática — e o uso de sementes certificadas, cuja rastreabilidade pode ser feita, por exemplo, por meio de notas fiscais. Foi também incluído o projeto técnico como forma de monitoramento de que a prática de agricultura irrigada está sendo realizada de acordo com as indicações técnicas e legislação.

Para o caso de sistemas a pasto, foram levantadas 15 práticas e 43 componentes associados a essas práticas. Considerando-se as principais formas de monitoramento apresentadas, assim como nas duas cadeias anteriores, verificação em campo e monitoramento via imagens de satélite foram as duas mais citadas, seguidas de nota fiscal. Além dessas três possibilidades, foram listadas outras possibilidades, como: análises de solo e água, aplicativos de apoio, drones, índices zootécnicos, mapas e registros técnicos, planos de manejo, presença de estrutura e equipamentos adequados, incluindo cercas.

Já o GT eucalipto levantou seis práticas com 21 componentes. Com relação às formas de monitoramento, para algumas práticas específicas apresentou-se a existência de infraestrutura e de plantio de florestas como forma de

monitoramento. Nesses últimos casos, pode ser que seja possível tanto uma comprovação e acompanhamento in loco como via satélite. Também foram apontados análise de solo, uso de sementes certificadas, uso de bioinsumos, estratégias integradas de controle (manejo integrado de pragas – MIP), manutenção de resíduos no solo, operações organizadas e com equipamento adequados, bem como uma série de outras formas de monitoramento que requerem principalmente uma verificação in loco e uma possibilidade de comprovação, que pode ser a apresentação de notas fiscais que indiquem que os insumos foram comprados.

Por fim, o GT aquicultura, com nove práticas e 53 componentes, foi o que apresentou os indicadores de monitoramento de forma mais detalhada. Por exemplo, para o caso da prática de manejo de qualidade da água, apontou-se como indicador o monitoramento por análises de parâmetros de qualidade de água e seus respectivos laudos ou relatórios com dados, tais como: temperatura, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono (CO₂), pH, turbidez, transparência, N-amônia, N-nitrito, N-nitrato, P-fósforo. Para a prática de manejo do tratamento de efluentes, foi apontado como indicador o monitoramento dos parâmetros de efluentes de aquicultura, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), sendo eles: volume de efluente por quilograma pescado produzido, volume de sólidos (sedimentos, sólidos totais em suspensão) gerados por quilograma pescado produzido. Percebe-se, ao se analisar o anexo A8 do documento da TSB, que o GT contempla a criação de peixes em **tanques escavados**, a complexidade e a quantidade de dados que precisarão ser registrados para monitorar e atestar que as boas práticas estão sendo executadas.

A definição e a aplicação de indicadores de monitoramento representam um dos maiores desafios na implementação da TSB, pois exigem comprovações que não comprometam a viabilidade econômica das operações de crédito. Esse

processo demandará esforços significativos e maior integração entre especialistas técnicos e operadores de crédito. Contudo, o avanço de tecnologias digitais abre a possibilidade de desenvolver ferramentas capazes de validar a adoção das práticas por meio da inserção de informações-chave, reduzindo custos e aumentando a eficiência do monitoramento.

Desafios e riscos para a implementação

Uma grande preocupação na elaboração de uma taxonomia sustentável é a possibilidade de ocorrência de “greenwashing”, ou seja, a rotulagem de atividades ou práticas como sustentáveis sem que estas cumpram, de forma efetiva, os critérios e objetivos estabelecidos pela TSB. Para mitigar esse risco, é imprescindível que os critérios de elegibilidade sejam definidos de maneira precisa e compreendidos pelos tomadores de empréstimo e agentes financiadores.

Com base nas sugestões e questionamentos recebidos durante a consulta pública da TSB, realizada entre 16/11/2024 e 31/3/2025, observou-se que as principais contribuições não se concentraram nos itens elegíveis em si ou nos indicadores de monitoramento apontados, mas, sobretudo, na inclusão ou exclusão de práticas específicas. Isso evidencia que o período de implementação será decisivo para aprimorar a definição desses

Foto: Clênio Araújo



itens, tornando-os mais claros, tanto para os produtores quanto para as instituições financeiras. Além disso, espera-se que o projeto financeiro submetido para obtenção de crédito consiga refletir as particularidades de cada caso, muitas vezes ausentes nas recomendações gerais da TSB, ao mesmo tempo que evidencie que os recursos solicitados serão utilizados para viabilizar práticas sustentáveis específicas.

A exigência de um projeto específico para obtenção de crédito, bem como a comprovação da implementação das práticas, pode tornar o processo oneroso, representando mais um desafio na fase de implementação da TSB. No que diz respeito ao monitoramento, em especial, muitas práticas demandam verificações presenciais. Assim, será necessário desenvolver alternativas que viabilizem o acompanhamento, seja por meio de informações documentais, notas fiscais, registros fotográficos ou ferramentas digitais que apoiem esse processo.

Durante o período de implementação da TSB, será extremamente importante estabelecer uma estratégia eficaz de organização e registro das informações. Essa estruturação deve permitir o monitoramento contínuo da adoção da TSB e das práticas sustentáveis associadas, fornecendo dados consistentes e comparáveis ao longo do tempo. Além disso, uma boa gestão da informação, em especial da situação inicial e dos resultados obtidos, será essencial para, futuramente, viabilizar avaliações de impacto mais precisas e fundamentadas, contribuindo para o aprimoramento das políticas e ações desenvolvidas.

Implementação

Pontos importantes

Dentro da construção da TSB, a implementação faz parte dos próximos passos que serão realizados. Considerando o United Nations Environment Programme (2023), a implementação de

uma taxonomia sustentável requer algumas etapas fundamentais para garantir sua efetividade e adoção ampla pelo mercado. A primeira é o desenvolvimento de regulamentações e diretrizes, estabelecendo um arcabouço legal claro que define orientações para divulgação de informações e indique se o uso da taxonomia será voluntário ou obrigatório para diferentes instrumentos financeiros e atores do mercado. Em seguida, é essencial investir em capacitação, promovendo a formação e o treinamento de participantes do mercado — como bancos, seguradoras, fundos de pensão e usuários das operações de crédito (empresas e produtores individuais, em especial os agricultores familiares) — para que utilizem a taxonomia de forma eficaz.

A realização de projetos-piloto constitui outra etapa importante, permitindo testar a aplicação prática da taxonomia em diferentes instituições, como bancos e instituições de microfinanças, e em variados instrumentos financeiros, como empréstimos verdes. Esses testes ajudam a identificar desafios operacionais e lacunas a serem superadas. Com base nas experiências dos projetos-piloto e no retorno (feedback) dos participantes do mercado, a taxonomia poderá ser aprimorada, por meio de ajustes e refinamentos que a tornem mais funcional e aderente à realidade do setor.

Além disso, é necessário implementar mecanismos de monitoramento e rastreamento dos fluxos financeiros alinhados à taxonomia e de seus resultados no campo, permitindo mensurar o impacto das atividades financiadas. Para facilitar sua aplicação, também devem ser desenvolvidas ferramentas práticas e acessíveis, como plataformas digitais e aplicativos, que auxiliem os usuários na navegação e uso do sistema de classificação.

Outro componente essencial é a definição de uma estratégia de comunicação, com o objetivo de explicar o propósito da taxonomia, seus benefícios e diretrizes práticas, promovendo sua

aceitação e compreensão por parte do mercado. Em tal estratégia deverão ficar bem explícitas as vantagens que terão seus usuários se adotarem as práticas sustentáveis conforme recomendado na TSB. Por fim, a taxonomia deve ser submetida a revisões periódicas, a fim de incorporar novos setores, atividades e objetivos, bem como atualizar os critérios técnicos de elegibilidade conforme avanços científicos e tecnológicos.

Percebe-se que a identificação das práticas sustentáveis é um grande primeiro passo, mas que há vários desafios de implementação e, sobretudo, há necessidade de informação/comunicação e acompanhamento.

Considerações finais

Após a consulta pública da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB), surgiram diversas solicitações para que fosse ampliado o número de culturas agrícolas e criações pecuárias consideradas nesta etapa inicial. A principal justificativa apresentada foi a possibilidade de incluir um maior número de produtores já nessa fase inicial de construção da TSB. Essa demanda foi encaminhada pelo Ministério da Fazenda aos GTs da Embrapa, cujos membros concordaram em colaborar com sugestões, mas recomendaram cautela. A proposta consistiu em identificar práticas sustentáveis que poderiam ser estendidas a outras culturas agrícolas, sistemas pecuários e, no caso da aquicultura, a outras espécies de peixes.

Os especialistas dos GTs da Embrapa mencionaram que, desde o início, o foco foi definir grandes grupos de práticas, não tão específicas, que permitissem uma ampliação futura do número de culturas. Nesse contexto, no caso do binômio soja e milho, por exemplo, os membros consideraram que muitas práticas relacionadas à conservação de solo e água por eles recomendadas são comuns a várias culturas. O GT sistemas a pasto também considerou que muitas práticas levantadas pelo grupo se aplicavam, por exemplo,

para caprinos e ovinos. Mais uma vez, destacaram que a intenção do levantamento inicial não foi entrar nas especificidades, que ficarão para a elaboração do projeto, de forma que ficará mais fácil ampliar o crédito para outras espécies pecuárias, além da bovinocultura. Da mesma forma, o GT aquicultura identificou práticas que são comuns a outras espécies de peixe, além de tilápia e tambaqui.

Um exemplo mais detalhado de como é possível fazer essa ampliação foi apresentado pelo GT café, apontando que diversas culturas perenes compartilham práticas de produção semelhantes às adotadas no cultivo do café, entre elas, destacam-se frutas tropicais, como cítricos, banana e mamão, cujas exigências quanto ao manejo do solo, irrigação, controle de pragas e colheita manual — realizada de forma escalonada — as aproximam do sistema produtivo do café. O guaraná também apresenta forte similaridade, demandando cuidados constantes durante o ciclo produtivo, especialmente no manejo da fertilidade do solo e na adoção de práticas sustentáveis, como sombreamento, adubação orgânica e controle biológico de pragas.

A integração de guaraná e café em sistemas agroflorestais reforça essa convergência. Culturas como pimenta-do-reino, canela e cravo-da-índia, embora distintas em espécie, compartilham técnicas de controle fitossanitário, irrigação e manejo do solo similares, dada a sensibilidade dessas plantas às condições climáticas e edáficas. O fumo, por sua vez, apresenta paralelos no manejo do solo, na colheita manual e nas práticas específicas de pós-colheita, como a secagem das folhas. Em todas essas culturas, práticas como o manejo de sombra, a escolha criteriosa do período de plantio, o controle integrado de pragas e a colheita especializada reforçam as semelhanças com o cultivo do café, especialmente no que tange à necessidade de cuidados técnicos constantes para garantir produtividade e qualidade.

Um segundo ponto importante, previsto para as próximas etapas da TSB, é a ampliação da abordagem para incluir o imóvel rural de forma geral. Nesse contexto, o aprendizado obtido ao analisar as atividades de forma separada servirá de base para uma nova abordagem mais holística, em nível de propriedade. Essa mudança permitirá uma análise mais próxima da realidade, considerando que muitas propriedades rurais operam com sistemas de produção diversificados.

Importante destacar que, durante a construção da TSB, dois pontos bastante polêmicos foram alvo de muitas discussões, a saber: o desmatamento e a utilização de agrotóxicos. O caso do desmatamento foi considerado um ponto crítico de atenção, especialmente à luz do princípio de “não prejudicar significativamente” (NPS), segundo o qual uma atividade não pode ser considerada sustentável se causar impacto negativo relevante em qualquer um dos objetivos da TSB, mesmo que apresente benefícios em outras dimensões. Esse princípio, embora essencial para garantir a integridade ambiental da TSB, enfrenta desafios quando confrontado com a legislação nacional vigente. Um exemplo é o Código Florestal brasileiro, que permite certo grau de desmatamento legal, o que pode entrar em conflito com o NPS (Oliveira et al., 2024).

O segundo ponto bastante polêmico é o da utilização de agrotóxicos. De acordo com os especialistas da Embrapa, há uma grande preocupação em relação ao seu uso. A recomendação é que sejam utilizados de acordo com as instruções e em conjunto com outras medidas. Como exemplo, os membros do GT eucalipto apontaram que, apesar dos riscos associados aos agrotóxicos, seu uso criterioso e tecnicamente orientado pode ser essencial para a sanidade do eucalipto e a viabilidade econômica da produção. Ponderaram ainda que os avanços nas técnicas de aplicação, como a utilização de **drones**, aumentam a precisão e reduzem os impactos ambientais, bem como ressaltaram que essa prática deve

integrar um programa de manejo integrado de pragas e doenças (MIPD), sendo considerada uma medida temporária e controlada, especialmente quando alternativas agroecológicas não forem viáveis.

Por fim, cabe destacar que foi essencial a contribuição de uma instituição de pesquisa como a Embrapa no desenvolvimento dessa primeira versão da TSB, ao oferecer a base científica necessária para a definição de critérios técnicos e a identificação de práticas sustentáveis. Da mesma forma, a PD&I é fundamental na identificação de parâmetros e ferramentas para monitorar e verificar a adoção das práticas sustentáveis sugeridas, bem como apoiar efetivamente a adaptação climática e impulsionar inovações tecnológicas, como bioinsumos e sistemas agroflorestais. Também permite a criação de categorias graduais de sustentabilidade, fundamentada em protocolos de certificação, facilitando a inclusão de pequenos produtores, tornando a TSB mais robusta, prática e aderente à realidade

Foto: Fabiano Estanislau



da agropecuária e do rural brasileiro, nas suas diferentes regiões e biomas.

Entretanto, o aprendizado dessa experiência inicial deixou claro que a TSB poderá ser um grande direcionador de novas pesquisas, havendo, assim, uma retroalimentação entre política pública e pesquisa. Nesse contexto, a pesquisa poderá dar um apoio ainda maior para que a TSB seja aprimorada no futuro, à medida que, a partir desse aprendizado, seja apoiada pelo governo federal, visando ao desenvolvimento de um programa de pesquisa especificamente voltado para atender a demandas de cada um dos objetivos da TSB.

É fundamental que a pesquisa, durante os próximos anos, tenha as condições necessárias para desenvolver práticas ainda mais sustentáveis que aquelas ora propostas, bem como também disponibilizar critérios e indicadores mais adequados para um monitoramento mais eficiente da implementação de suas práticas e, sobretudo, para estimar a adoção e avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais em seus beneficiários.

Referências

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Taxonomia Sustentável Brasileira**. Brasília, DF, dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, nº 053, p. 58-63, 18 mar. 2005.

OLIVEIRA, W.; COSER, G.; MOURA, C. M.; SOUZA, P. **Taxonomia sustentável brasileira**: insumos para classificação de atividades de uso da terra. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2024. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/taxonomia-sustentavel-brasileira-insumos-para-classificacao-de-atividades-de-uso-da-terra/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Common Framework of Sustainable Finance Taxonomies for Latin America and the Caribbean**. July 2023. Disponível em: <https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2023/07/Common-Framework-of-Sustainable-Finance-Taxonomies-LAC.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2025.

