

# Tecnologias Poupa-Terra 2021

*Samuel Filipe Pelicano Telhado  
Guy de Capdeville*  
Editores Técnicos



**Embrapa**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# Tecnologias Poupa-Terra 2021

*Samuel Filipe Pelicano e Telhado  
Guy de Capdeville*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2021

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

Parque Estação Biológica (PqEB)

Av. W3 Norte (Final)

CEP 70770-901 Brasília, DF

Fone: (61) 3448-4433

[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

Responsável pelo conteúdo  
**Diretoria-Executiva de  
Pesquisa e Desenvolvimento**

Responsável pela edição  
**Secretaria-Geral**

Coordenação editorial  
*Alexandre Aires de Freitas*  
*Heloiza Dias da Silva*  
*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial  
*Wyviane Carlos Lima Vidal*

Revisão de texto  
*Ana Maranhão Nogueira*  
*Francisca Elijani do Nascimento*  
*Maria Cristina Ramos Jubé*

Normalização bibliográfica  
*Iara Del Fiaco Rocha*  
*Rejane Maria de Oliveira (CRB-1/2913)*

Projeto gráfico, diagramação  
e tratamento das ilustrações  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Capa  
*Paula Cristina Rodrigues Franco*

Fotos da capa  
*AdobeStock\_298389640\_planta\_Solo*  
*AdobeStock\_243600765*

**1ª edição**  
Publicação digital - PDF (2021)

**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

---

Tecnologias poupa-terra 2021 / Samuel Filipe Pelicano e Telhado, Guy de Capdeville,  
editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2021.  
PDF (162 p.) : il. color.

ISBN 978-65-86056-09-9

1. Produtividade. 2. Tecnologia agrícola. I. Telhado, Samuel Filipe Pelicano e,  
editor técnico. II. Capdeville, Guy de, editor técnico. III. Autores.

CDD 630

---

*Iara Del Fiaco Rocha (CRB-1/2169)*

© Embrapa, 2021

# Autores

## **Andrea Alves do Egito**

Médica-veterinária, doutora em Ciências Biológicas (Biologia Molecular), pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **Arlene Maria Gomes de Oliveira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

## **Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque Gerum**

Economista, doutora em Economia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

## **Adeney de Freitas Bueno**

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

## **Adilson de Oliveira Junior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

## **Alvadi Antônio Balbinot Junior**

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

## **Álvaro Vilela de Resende**

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

## **Antônio Fernando Guerra**

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

## **Carlos Alberto Arrabal Arias**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

## **Cesar de Castro**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

## **Claudine Dinali Santos Seixas**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Fitopatologia), pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR

## **Davi José Bungenstab**

Médico-veterinário, doutor em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **Décio Karam**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência das Plantas Daninhas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Décio Luiz Gazzoni**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Entomologia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

## **Dirceu João Duarte Talamini**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

## **Domingo Haroldo Rudolfo Conrado Reinhardt**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

## **Eduardo Augusto Girardi**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

## **Eduardo Sanches Stuchi**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

## **Emerson Borghi**

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

## **Fabiana Villa Alves**

Zootecnista, doutora em Ciência Animal e Pastagens, coordenadora-geral de mudanças do clima e agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF

## **Flábio Ribeiro de Araújo**

Médico-veterinário, doutor em Imunologia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **Guy de Capdeville**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa, Diretoria-Executiva de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF

## **Ivenio Rubens de Oliveira**

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

## **Jamilsen de Freitas Santos**

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

## **Jason de Oliveira Duarte**

Economista, Ph.D. em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

## **Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza**

Jornalista, doutor em Conhecimento, Tecnologia e Inovação, analista da Embrapa Suínos e Aves, Suínos e Aves, Concórdia, SC

## **João Batista Catto**

Médico-veterinário, doutor em Ciências Veterinárias, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **João Ricardo Ferreira de Lima**

Economista, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Jony Eishi Yuri**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**José da Silva Souza**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

**José Eduardo Borges de Carvalho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

**José Miguel Silveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Produção Vegetal e Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

**Katia Regina Evaristo de Jesus**

Bióloga, doutora em Biotecnologia, pesquisadora da Embrapa, Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF

**Liv Soares Severino**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

**Lucas Tadeu Ferreira**

Jornalista e Relações Públicas, mestre em Comunicação, analista da Embrapa Café, Brasília, DF

**Lucimara Chiari**

Bióloga, doutora em Genética e Melhoramento, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Luiz Augusto Lopes Serrano**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

**Marcelo do Amaral Santana**

Administrador, pós-graduado em Economia Financeira e Análise de Investimentos, analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

**Marcelo Hiroshi Hirakuri**

Graduado em Ciência da Computação, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR

**Maria Aparecida do Carmo Mouco**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Horticultura), pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Maria Auxiliadora Coelho de Lima**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Fitotecnia), pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Maurício Antonio Coelho Filho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

**Marco Antonio Nogueira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

**Miguel Marques Gontijo Neto**

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

**Omar Cruz Rocha**

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

**Osmar Conte**

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

**Patrícia Coelho de Souza Leão**

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Roberto dos Santos Trindade**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Roberto Giolo de Almeida**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Rodrigo Amorim Barbosa**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Rodrigo da Costa Gomes**

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

**Rubens Augusto de Miranda**

Economista, doutor em Administração, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Samuel Filipe Pelicano e Telhado**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia (Fitotecnia), analista da Embrapa, Diretoria-Executiva de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF

**Sidney Netto Parentoni**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Simone Martins Mendes**

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Tiago Cardoso da Costa-Lima**

Biólogo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Walter dos Santos Soares Filho**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

# Apresentação

Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) para a década de 2050 indicam claramente que, nos próximos 30 anos, a humanidade necessitará aumentar sua produção em 70% para alimentar o planeta. O agronegócio brasileiro, fundamental nesse processo, vem, entretanto, sofrendo críticas que desacreditam a sua sustentabilidade. Nesse contexto, com o objetivo de colaborar para desmistificar a afirmação de que a agricultura brasileira não é sustentável, produzimos este documento evidenciando que a agricultura brasileira é construída sobre bases científicas.

A adoção de um considerável número de tecnologias em várias frentes do processo produtivo tem permitido produzir altos volumes, com alta qualidade, de forma sustentável sob todos os aspectos, além de permitir que as florestas do País sejam protegidas tanto nas propriedades agropecuárias quanto em áreas nativas. A capacidade tecnológica para fazer gestão territorial, manejo integrado de pragas e doenças, utilizar sistemas integrados de produção que prolongam a vida dos solos, entre outros aspectos são os fatores garantidores do sucesso da agricultura brasileira. Assim, com as informações contidas neste documento, fica evidente que, devido à adoção de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa e parceiros, garante-se à agricultura um efeito Poupa-Terra nas mais diversas cadeias do agro brasileiro. Os dados aqui apresentados são de grande valor, já que foram obtidos ao longo de décadas, o que trás robustez aos resultados divulgados neste documento.

Esperamos que as informações aqui disponibilizadas possam contribuir para desmistificar equívocos e, de forma ampla e objetiva, evidenciar que, devido ao uso da ciência em suporte à agricultura brasileira, o País é e será sustentável de forma ambiental, social e econômica, além de um dos principais atores da agropecuária mundial para as próximas décadas.

**Guy de Capdeville**

Diretor-Executivo de Pesquisa e Desenvolvimento



# Sumário

- 11** **Capítulo 1**  
Estratégias e tecnologias poupa-terra e seus impactos para a agricultura brasileira
- 19** **Capítulo 2**  
Desenvolvimento e sustentabilidade na fruticultura de exportação
- 43** **Capítulo 3**  
Menos área cultivada, mais tecnologia na fruticultura de Exportação - Uva, manga e melão
- 51** **Capítulo 4**  
Sustentabilidade e produtividade nos sistemas agrícolas de algodão
- 63** **Capítulo 5**  
Cafés do Brasil - Pesquisa, sustentabilidade e inovação
- 77** **Capítulo 6**  
Aumento de produtividade e rentabilidade de milho com intensificação tecnológica
- 113** **Capítulo 7**  
Liderança e recordes de produtividade de soja com base em tecnologia e sistemas intensivos de uso da terra
- 141** **Capítulo 8**  
Pecuária de corte - Otimização do uso da terra e adoção da intensificação sustentável
- 157** **Capítulo 9**  
Avanço tecnológico e sustentável das cadeias de frangos de corte e de suínos



Capítulo 1

# Estratégias e tecnologias poupa-terra e seus impactos na agricultura brasileira

Katia Regina Evaristo de Jesus  
Samuel Filipe Pelicano e Telhado  
Guy de Capdeville

Foto: Valentin Rossanov (iStock)



Os solos tropicais têm uma característica desafiadora para a agricultura. São solos naturalmente ácidos e, conseqüentemente, têm baixa fertilidade, o que implica correções e reposições constantes de nutrientes para garantir patamares altos na produção agrícola. A Embrapa tem direcionado cada vez mais esforços de pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias, práticas e processos que possibilitem o aumento da produtividade com sustentabilidade, considerando o uso de recursos biológicos para a produção de alimentos e outros produtos.

Práticas conservacionistas, como o plantio direto, o manejo e a conservação do solo e dos recursos hídricos podem ser caracterizadas como práticas poupa-terra, uma vez que aumentam a produtividade de modo sustentável. Além disso, têm potencial de reverter os impactos negativos de ações que empregam práticas que empobrecem o solo, como é o caso do cultivo continuado com utilização de arado e grade, o não uso de terraços, entre outras.

Apesar da dificuldade de estabelecer um consenso sobre o conceito de sustentabilidade, o desenvolvimento sustentável, de modo geral, tem sido compreendido pela característica de utilizar recursos que atendam às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em atender suas próprias necessidades, conforme citado no Relatório Brundtland (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1998). Esse conceito integra os três vetores da sustentabilidade: ambiental, econômico e social.

Do ponto de vista da sustentabilidade da agricultura, o conceito poderia ser sumarizado como a possibilidade de os sistemas agrícolas em manterem sua produção no longo prazo, sem depleção sensível dos recursos que lhes dão origem, como a biodiversidade, a fertilidade do solo e os recursos hídricos. Do ponto de vista prático, a gestão adequada dos recursos disponíveis pode ser o ponto de partida para equacionar a sustentabilidade na perspectiva ambiental e social, com relação à geração de bioenergia e à segurança alimentar (Manning et al., 2015; Kline et al., 2017).

Este documento versa sobre tecnologias poupa-terra, entendidas como aquelas tecnologias adotadas pelo setor produtivo, sejam de baixo ou de alto custo, que permitem incrementos sustentáveis na produção total em uma mesma área, e graças ao seu uso evita-se a abertura de novas áreas para produção agropecuária. Dessa forma, caso essas tecnologias não estivessem em uso, seria preciso dedicar mais áreas à agropecuária para a necessária produção de alimentos e energia, o que conduziria a possíveis impactos ambientais negativos. Assim, as tecnologias poupa-terra contribuem sobremaneira para a sustentabilidade ambiental, econômica e social da agropecuária brasileira.

O Brasil já conta com uma série de sistemas e tecnologias sustentáveis que podem ser considerados estratégias poupa-terra em franca adoção. A seguir, destacam-se algumas delas.



## Integração lavoura-pecuária-floresta

O sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) consiste em uma estratégia que combina na mesma área a produção pecuária, agrícola e florestal, com benefícios mútuos para cada uma delas, para o produtor, que diversifica a sua fonte de lucro no tempo, e também para o solo, devido à diversificação da produção, sem exaurir o recurso com uma única espécie ou tipo de produção. Implica benefícios e impactos positivos tanto para o meio ambiente quanto para o produtor agrícola.

A integração lavoura-pecuária é a modalidade mais utilizada, ocupando 83% dessa área. A demanda por madeira para serraria e biomassa, aliada ao ganho de peso de animais devido ao conforto térmico proporcionado pela sombra das árvores, tem ampliado a adoção de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris.

A Embrapa desenvolve pesquisas com sistemas de integração há 30 anos. Fruto disso é a Rede ILPF – formada pela Embrapa e por cooperativas, bancos

privados e empresas do ramo do agronegócio. A Rede foi constituída para apoiar e estimular a adoção de tecnologias de integração lavoura-pecuária-floresta por produtores rurais, como estratégia única de ampliar a produção sustentável na agricultura brasileira (Embrapa, 2020). O censo agrícola de 2017 indicou uma área de 13,86 milhões de hectares de sistemas agroflorestais no Brasil<sup>1</sup>. Cálculos matemáticos estimam que, em 2020, a área desses sistemas atingiu entre 15,07 e 17,42 milhões de hectares no País (Polidoro et al., 2020).

## Sistema plantio direto

O sistema plantio direto é uma forma de manejo conservacionista que consiste em práticas que preconizam a manutenção da cobertura do solo, por meio da manutenção dos restos de colheita, palhas e restos culturais. Implicam diminuição da compactação do solo, redução da erosão e do assoreamento dos

<sup>1</sup> Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/24/0>.

recursos hídricos. Essa cobertura protege a superfície do solo, diminui a taxa de evaporação com consequente aumento do armazenamento de água do solo e manutenção da temperatura na camada superficial, favorecendo o crescimento de organismos no solo e, com isso, o aumento da matéria orgânica. Resulta em aumento da produtividade dos cultivos (Heckler; Salton, 2002). É uma das práticas comumente empregadas e que aumentam a sustentabilidade da produção agrícola no Brasil.

## Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é realizada por bactérias presentes no solo ou adicionadas por meio da prática da inoculação. A FBN foi escolhida como um dos pilares do Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, lançado em 2010 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que foi instituído para incentivar o uso de técnicas sustentáveis na agricultura, visando à redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE).

O emprego da FBN implica redução da necessidade de adubação química nitrogenada, com consequente diminuição no custo da produção agrícola e redução dos impactos ambientais negativos, uma vez que reduz a contaminação dos mananciais (rios, lagos e lençóis freáticos).

Consiste, portanto, no processo que converte o nitrogênio do ar em formas que podem ser utilizadas pelas plantas. Importante fonte de nitrogênio da agricultura brasileira, a FBN tem melhorado propriedades do solo, resultando em maior produtividade, menor impacto ambiental e maior economia. Há tendência de intensificação do uso de FBN para outras culturas além da soja, nomeadamente avançando para gramíneas, como milho e outras, e para recuperação de áreas degradadas, redução da emissão de GEE e diminuição de riscos de contaminação.

## Bactérias permitem às plantas aumentar o uso de fósforo do solo

A Embrapa tem pesquisado alguma solução para equacionar e diminuir a dependência da agricultura brasileira da importação do fósforo e recentemente identificou duas bactérias capazes de solubilizar o fósforo do solo (Embrapa, 2020), o que resultou no primeiro inoculante biológico para absorção de fósforo do Brasil. Resultados da sua aplicação evidenciaram aumento na produtividade de grãos. Além disso, sua aplicação poderá, em tese, diminuir os possíveis impactos ambientais negativos resultantes da sua



Foto: amemic181 (iStock)

aplicação, tais como as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

## Emprego de bioinsumos em substituição aos insumos não renováveis

A agricultura sustentável no Brasil depende de práticas que promovem o uso da biodiversidade e dos processos biológicos naturais na produção agropecuária. Nesse contexto, o interesse e os investimentos na descoberta de novos bioinsumos têm se tornado cada vez maiores. Entre os bioinsumos mais utilizados, destacam-se os inoculantes (que promovem a fixação de nitrogênio nas plantas), os agentes biológicos para o controle de pragas (insetos, fungos, vírus e bactérias), entre outros, os quais utilizam a biodiversidade para proporcionar ferramentas de manejo mais equilibradas e sustentáveis.

O lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos<sup>2</sup> em maio de 2020 (Brasil, 2020) tende a impulsionar o uso de recursos biológicos na agropecuária e tem por objetivo aproveitar o potencial da biodiversidade brasileira para reduzir a dependência dos produtores rurais em relação aos insumos importados e ampliar oferta de matéria-prima para o setor. Estima-se que, com esse programa, a área agropecuária com uso de recursos biológicos aumente em 13%<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos>.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-de-bioinsumos-e-lancado-e-vai-impulsionar-uso-de-recursos-biologicos-na-agropecuaria-brasileira>.



## Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura ou Plano ABC tem por objetivo estimular e monitorar a adoção de práticas agrícolas que reduzam emissões e gerem resiliência sem comprometer a produtividade e o crescimento do setor.

As práticas a seguir tendem a diminuir as emissões de gases de efeito estufa e a tornar a produção agrícola mais sustentável e viável nos próximos anos.

- 1) Recuperação de pastagens degradadas.
- 2) Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SAFs).
- 3) Sistema plantio direto (SPD).
- 4) Fixação biológica de nitrogênio (FBN).
- 5) Florestas plantadas.
- 6) Tratamento de dejetos animais.

7) Adaptação às mudanças climáticas.

## PronaSolos

O Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos) (Brasil, 2019) pretende mapear o território nacional e gerar dados com diferentes graus de detalhamento, a fim de subsidiar políticas públicas, auxiliar a gestão territorial, embasar a agricultura de precisão e apoiar decisões de concessão do crédito agrícola, entre muitas outras aplicações. É coordenado pela Embrapa em parceria com o Mapa e o Ministério do Meio Ambiente. Poderá permitir melhor aproveitamento do solo, além de contribuir para maiores produtividades e, em consequência, para o efeito poupa-terra.

## Zoneamento Agrícola de Risco Climático

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático<sup>4</sup> (Zarc) é uma política pública do Mapa executada pela Embrapa. Sua finalidade é melhorar a qualidade e a disponibilidade de dados e informações sobre os mais variados riscos agroclimáticos no Brasil. Trata-se de uma ferramenta fundamental para apoiar o produtor rural no planejamento das atividades agrícolas que considera a variabilidade do clima, as características do solo e as características ecofisiológicas da cultura, contribuindo para as decisões do produtor. Também é obrigatório seu uso

para que o agricultor acesse recursos do Programa de Garantia de Atividade Agropecuária (Proagro) e do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR).

O programa passa por revisões anuais e esses dados são publicados em portarias no Diário Oficial da União.

## Agricultura de precisão

A agricultura de precisão consiste em um conjunto de ferramentas e tecnologias que possibilita ao produtor conhecer toda a área para cultivo de maneira mais completa e pode ajudar a aumentar o rendimento. As tecnologias empregadas têm por objetivo criar e empregar técnicas de manejo da variabilidade espacial e temporal das culturas, com emprego de tecnologias portadoras de futuro, tais como internet das coisas, Big Data, Analytics, robótica, entre outras, cujo potencial pode levar o Brasil para a agricultura do futuro.

Hoje existe o Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária Brasileira, que reúne, em base georreferenciada, dados sobre a produção agropecuária, a armazenagem e os caminhos da safra. Com esse sistema, é possível extrair informações fundamentais para o planejamento estratégico do governo e do setor produtivo e, conseqüentemente, diminuir custos de produção, otimizando áreas de plantio para garantir o uso racional dos recursos naturais, em especial o solo.

<sup>4</sup> O Programa Zarc é regido pelo Decreto nº 9.841/2019 (Brasil, 2019).



## Referências

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**: seção 1, ed. 100, p. 105, 27 maio 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>. Acesso em: 10 out. 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.841 de 18 de junho de 2019. Dispõe sobre o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 4, 19 jun. 2019. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=D EC&numero=9841&ano=2019&ato=9e5ETUE9keZpWT639>. Acesso em: 10 out. 2020.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1998.

EMBRAPA. Secretaria de Desenvolvimento Institucional. **Balanco social 2019**. 23. ed. Brasília, DF, 2020. 66 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213049/1/BS-2019.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. **Palha**: fundamento do Sistema Plantio Direto. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção sistema plantio direto, 7). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38756/1/COL20027.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

KLINE, K. L.; MSANGI, S.; DALE, V. H.; WOODS, J.; SOUZA, G. M.; OSSEWEIJER, P.; LANCY, J. S.; HILBERT, J. A.; JOHNSON, F. X.; MCDONNELL, P. C.; MUGERA, H. K. Reconciling food security and bioenergy: priorities for Action. **GCB Bioenergy**, v. 9, n. 3, Mar. 2017. 20 p. DOI [10.1111/gcbb.12366](https://doi.org/10.1111/gcbb.12366).

MANNING, P.; TAYLOR, G.; HANLEY, M. E. Bioenergy, food production and biodiversity – an unlikely alliance? **GCB-Bioenergy**, v. 7, n. 4, p. 570-576, July 2015. DOI [10.1111/gcbb.12173](https://doi.org/10.1111/gcbb.12173).

POLIDORO, J. C.; FREITAS, P. L. de;  
BHERING, S. B.; CARVALHO JUNIOR, W. de;  
RODRIGUES, R. A. R.; BENITES, V. de; ANJOS,  
L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; RIBEIRO, J. L.  
The impact of plans, policies, practices and

technologies based on the principles of  
conservation agriculture in the control of  
soil erosion in Brazil. **Land Degradation &  
Development**, Apr. 21, 2020. DOI 10.22541/  
au.158750264.42640167.

Capítulo 2

## Desenvolvimento e sustentabilidade na fruticultura de exportação

Domingo Haroldo Rudolfo Conrado Reinhardt  
Maria Auxiliadora Coelho de Lima  
Luiz Augusto Lopes Serrano  
José da Silva Souza  
Marcelo do Amaral Santana  
Eduardo Sanches Stuchi  
Eduardo Augusto Girardi  
Arlene Maria Gomes de Oliveira  
Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque Gerum  
Maurício Antonio Coelho Filho  
José Eduardo Borges de Carvalho  
Walter dos Santos Soares Filho



Foto: Afriano Montenegro

A fruticultura brasileira de exportação de frutas frescas e de sucos, com base em ciência, organização e políticas públicas, tem apresentado um desenvolvimento expressivo ao longo das últimas 3 décadas. Avanços tecnológicos nas fases de produção e pós-colheita determinaram ganhos elevados em produtividade, qualidade e sustentabilidade socioeconômica e ambiental, com destaque para os efeitos poupa-terra e para a economia no uso de recursos naturais.

## Dados resumidos do setor

As frutas são cultivadas em praticamente todos os países do mundo. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019), a produção mundial de frutas atingiu o volume de 929,6 milhões de toneladas, obtidos em cerca de 80,4 milhões de hectares somente em 2018. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas, com 42,4 milhões de toneladas (4,6% do total) em 2,5 milhões de hectares, atrás da China (25,9%) e da Índia (11,9%). Em 2018, estima-se que seu valor de produção gerado foi de 33,5 bilhões de reais, e que, para cada hectare cultivado, duas pessoas são empregadas nesse segmento agrícola, ou seja, 5 milhões de empregos no País são oferecidos no agronegócio fruticultor, indicador o qual enfatiza sua importância socioeconômica. A Tabela 1 apresenta os últimos dados oficiais relacionados ao emprego de mão de obra direta na produção das principais frutas frescas de exportação.

**Tabela 1.** Mão de obra direta empregada em 2016 na produção das principais frutas frescas de exportação no Brasil.

Cultura	Quantidade <sup>(1)</sup>
Manga	96.941
Melão	34.749
Uva <sup>(2)</sup>	261.314
Limão	31.519
Mamão	60.744
Melancia	165.471
Maçã	56.515
Banana	476.806
<b>Total</b>	<b>1.184.059</b>

<sup>(1)</sup> Números apresentados pelo relatório com base nos dados do IBGE de 2016.

<sup>(2)</sup> Números relativos à produção da uva de mesa.

Fonte: Relatório Cenário Hortifrutí Brasil (2018).

A fruticultura brasileira, que está presente em todos os estados da Federação e no Distrito Federal, pode ser dividida em duas categorias: frutas temporárias e frutas permanentes. Predominam, no entanto, as frutas permanentes, que, em 2018, participaram com 92,0% e 87,1%, da área colhida e da produção, respectivamente. Já as frutas tropicais/subtropicais representaram, em 2018, 94,4% da área colhida e 92,4% da produção. Nas macrorregiões do Brasil, a participação na produção nacional em 2018 foi a seguinte: Sudeste (51,6%), Nordeste (25,2%), Sul (13,7%), Norte (7,1%) e Centro-Oeste (2,5%).

As exportações brasileiras de frutas frescas (incluindo nozes e castanhas), em 2019, ultrapassaram o montante de 1 bilhão de dólares. Em comparação com os demais produtos do agronegócio, as exportações de frutas frescas ficaram em

12º lugar, representando 1,04% da pauta brasileira de exportações. Na Tabela 2, observa-se que, na distribuição do item, as frutas participaram com 777,3 milhões de dólares (77%).

**Tabela 2.** Exportações brasileiras de frutas, nozes, castanhas, conservas e preparações de frutas em 2019.

Frutas	Valor (US\$)	(%)
Frutas	777.332.539	77,0
Nozes e castanhas	162.003.073	16,0
Conservas e preparações de frutas (excl. sucos)	70.978.174	7,0
<b>Total</b>	<b>1.010.313.786</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2019).

Considerando apenas o item frutas, o Brasil exportou, em 2019, mais de 20 tipos, com concentração em oito delas (93,2%) (Tabela 3). Dessas, mangas, melões, uvas, mamões e melancias são originados, principalmente, da região Nordeste. Os limões têm como origem as regiões Sudeste e Nordeste. As maçãs provêm da região Sul, enquanto as bananas, das regiões Sul e Nordeste. É grande a participação da região Nordeste, principalmente nos perímetros irrigados, que tem água e elevada taxa de insolação, favorecendo a qualidade das frutas produzidas nessa região.

Quanto ao item nozes e castanhas, os tipos mais exportados foram castanha-de-caju e castanha-do-pará, que, juntas, contribuíram com US\$ 142.280.791,00, o que corresponde a 87,8% do total do item. Em 2019, a

**Tabela 3.** Exportações brasileiras de frutas frescas ou secas em 2019.

Fruta fresca ou seca	Valor (US\$)	(%)
Manga	221.801.185	28,5
Melão	160.307.786	20,6
Uva	93.459.500	12,0
Limão e lima	90.923.279	11,7
Mamão	47.270.134	6,1
Melancia	43.857.711	5,6
Maçã	42.508.683	5,5
Banana	24.559.299	3,2
Outras	52.644.962	6,8
<b>Total</b>	<b>777.332.539</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Brasil (2019).



Foto: Cláudio Bezerra

maior participação foi da castanha-de-caju, com US\$ 121.200.000,00 (74,8%).

Com relação aos destinos do item frutas (incluindo nozes e castanhas), cerca de 67% foram comercializadas na União Europeia, seguida dos Estados Unidos, do Canadá e da Argentina, que, juntos, importaram cerca de 20% do total do item.

Considerando apenas as nozes e castanhas, os Estados Unidos (36,8%), a União Europeia (25,9%) e o Canadá (10,0%) foram os mais importantes destinos.

A produção das principais frutas frescas de exportação pode ser observada na Tabela 4. Embora a banana apresente a maior área colhida e produção, possui a menor participação nas exportações desse rol de frutas.

O Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja no mundo. Em 2019, o Brasil produziu 17.614.270 t de laranja em 608.243 ha colhidos, com uma produtividade média de 29 t ha<sup>-1</sup>. O cinturão citrícola envolvendo regiões dos estados de São Paulo, de Minas Gerais e do Paraná, foi responsável por 87,7% da produção

nacional, com participações estaduais de 77,5%, 5,6% e 4,6%, respectivamente. Em seguida, vem a região Nordeste, com participação de 6,7%. Em 2018, a cultura da laranja gerou um valor de produção de 9,5 bilhões de reais, situando-se em sétimo lugar no agronegócio brasileiro, atrás apenas da soja, da cana-de-açúcar, do milho, do café, do algodão e da mandioca.

Em 2019, o Brasil exportou 2,1 bilhões de dólares em sucos, com participação de 2,18% na pauta de exportação agrícola (9º lugar). É expressiva a hegemonia dos sucos de laranja, com 1,9 bilhão de dólares, representando 90,50% do total. Quanto aos demais sucos exportados, merecem destaque: água de coco, sucos

**Tabela 4.** Produção brasileira das principais frutas frescas de exportação em 2018.

Cultura	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
Manga	65.646	1.319.296	20,10
Melão	23.324	581.478	24,93
Uva	74.472	1.591.986	21,38
Limão	52.784	1.481.322	28,06
Mamão	27.250	1.060.392	38,91
Melancia	101.975	2.240.796	21,97
Maçã	33.029	1.195.007	36,18
Banana	449.284	6.752.171	15,03

Fonte: IBGE (2019).

de maçã, acerola, abacaxi, uva e maracujá. Com relação ao destino, a União Europeia é o principal comprador (68,60%), seguida pelos Estados Unidos (16,70%), pelo Japão (5,30%) e pela China (3,80%).

As projeções atuais para a demanda de frutas nos próximos anos apontam crescimento tanto nos mercados externo como interno. O mercado interno permanece como principal destino da produção brasileira e, mesmo com melhorias tecnológicas em toda a cadeia de produção para exportação, esse cenário deve se manter por muitos anos. A Tabela 5 apresenta a média da participação da quantidade exportada das principais fruteiras de exportação na produção total relativa ao triênio de 2016 a 2018.

## Comparações com a forma de produção em outros países

A fruticultura brasileira se diferencia por ser conduzida, em grande parte, em condições de sequeiro, com viabilidade econômica e com adequação ambiental. No entanto, parcela significativa das frutas frescas de exportação é produzida na região semiárida, o que exige o uso da irrigação. Parcela considerável da fruticultura brasileira é alicerçada na pequena produção e na agricultura familiar, a exemplo da produção de castanhas-de-caju na região semiárida, em condições de sequeiro, com foco no abastecimento de minifábricas que colocam seus produtos, em grande parte, no mercado

**Tabela 5.** Valores aproximados da participação das exportações brasileiras na produção interna das principais frutas de exportação, de 2016 a 2018.

Cultura	Produção (t)	Exportação (t)	Participação das exportações (%)
Manga	1.167.845	168.092	14,50
Melão	573.069	218.653	38,27
Uva	1.482.920	38.383	2,61
Limão	1.336.596	95.214	7,16
Mamão	1.138.606	39.901	3,55
Melancia	2.213.946	69.650	3,15
Maçã	1.186.011	52.360	4,36
Banana	6.654.116	57.095	0,86

Fonte: Comex Stat (2019) e IBGE (2019).



interno, mas cada vez mais exploram o mercado externo de *fair trade*.

Ao contrário do que ocorre em muitos países, a fruticultura brasileira é uma atividade muito diversificada em seus usos e destinos, além de um amplo mercado interno à disposição. Um exemplo é a cultura do caju, na qual os maiores concorrentes internacionais se concentram apenas na castanha, enquanto no Brasil uma gama de produtos é explorada, desde o pseudofruto (pedúnculo) para polpas, doces, cajuína, o caju completo para o mercado de mesa (in natura) e o líquido da castanha de caju (LCC) para indústria de revestimentos, tintas e antioxidantes.

A fruticultura brasileira conta com grande adoção de inovações tecnológicas para ganhos de produtividade e sustentabilidade, em áreas de genética varietal, produção de mudas em ambiente protegido, manejo da fertilidade e práticas conservacionistas de solo e água, manejo integrado de pragas e doenças, entre outras.

A fruticultura brasileira usa menos agroquímicos, sobretudo defensivos agrícolas. Um exemplo disso, é a estimativa que, em São Paulo, se utiliza cerca de 65% menos ingrediente ativo por hectare em pomares cítricos, devido a menores doses e volumes de aplicação, em comparação com pomares na Flórida e outros países da América Latina, que também tem o Huanglongbing (HLB) como principal ameaça fitossanitária (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos, 2019).

## Tecnologias sustentáveis empregadas nas cadeias

A fruticultura brasileira de exportação não utiliza organismos geneticamente modificados (OGMs) nem antibióticos. Todas as variedades cultivadas têm sua origem em melhoramento genético tradicional, sem manipulação artificial de genes. É dessa forma que a matriz de cultivares tem sido diversificada e ampliada para todas as principais fruteiras.

### Manejo da cultura

O modelo de produção integrada (PI) de banana, caju, citros, mamão, manga, melão, uva e maçã, como base para a produção sustentável e adequação aos programas de certificação requeridos pelos importadores tem sido consolidado. As normas da PI, orientadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (Brasil, 2001), apresentam requisitos condizentes ou mesmo mais rigorosos que as do GLOBALG.A.P., considerado referencial global para as boas práticas agrícolas. A PI permite a produção rastreável de alimentos seguros, sem contaminantes químicos e biológicos, com sustentabilidade econômica, social e ambiental.

O conjunto de técnicas de indução floral tem sido aprimorado, envolvendo imposição de estresse hídrico, podas inteligentes e manejo fisiológico, permitindo uma oferta de frutas brasileiras para os mercados ao longo de todo ano, com redução de períodos de entressafra, contribuindo para a sustentabilidade socioeconômica da atividade.

Ademais, o uso de instrumentos e estratégias de agricultura de precisão tem avançado, a exemplo de imagens aéreas para diagnóstico e manejo especializado em vinhedos.

## Manejo da cobertura do solo

As boas práticas agrícolas contam com práticas conservacionistas do solo, sobretudo a utilização de cobertura vegetal natural do solo mantida pelo roço manual e mecanizado, a cobertura verde por meio de espécies leguminosas e gramíneas, bem como cobertura morta. Práticas essas que visam à conservação e ao enriquecimento da microbiota do solo, à redução de perdas de água por lixiviação, à redução da temperatura do solo, à preservação da umidade por mais tempo, entre outros benefícios. Ademais, a cobertura do solo contribui para uma importante imobilização de carbono. Já os herbicidas pré-emergentes não são permitidos na PI. Na agricultura familiar, e em pequenos pomares, é frequente o cultivo consorciado de frutas com outras culturas de menor porte e ciclo mais curto, para diversificar a produção e fazer uso sustentável dos recursos naturais.

Além das coberturas vegetais, outras técnicas são usadas para o controle de plantas invasoras, a exemplo do uso de manta agrotêxtil na cultura do meloeiro até a fase de polinização, acarretando como benefícios adicionais a ausência de pulverização com inseticidas e a economia no uso de água.



Foto: Ulrike Leon (Pixabay)

## Manejo de água e nutrientes

A fruticultura de exportação no Brasil tem aprimorado o manejo de nutrientes das plantas, incluindo a aplicação de ferramentas como Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (Dris) para interpretação dos resultados de análise foliar, com acentuado aumento da sua eficiência ao ajustar doses, formas e parcelamento das aplicações. Além disso, tem sido crescente a substituição de fontes minerais e sintéticas por adubos naturais e orgânicos, com efeitos benéficos sobre aspectos físicos e biológicos do solo.

A recomendação de adubação é pautada em critérios como diminuição dos custos de produção e dos riscos de contaminação, prevenindo salinização do solo e contaminação de mananciais. Da mesma forma, o uso racional da água tem recebido atenção especial com foco na sustentabilidade ambiental e econômica da fruticultura. Uma parte expressiva do cultivo de frutas é realizado sem o concurso da irrigação. No caso do cinturão citrícola (São Paulo, sudoeste e oeste de Minas Gerais, ou Triângulo Mineiro) apenas 30% da área tem esse suprimento hídrico suplementar.

Sistemas de irrigação mais eficientes, com menor uso de água, têm sido desenvolvidos e aplicados em todas as regiões produtoras de frutas, a exemplo de sistemas de irrigação localizados e fertirrigação adotados nos sistemas de produção de manga, melancia, melão e uva, permitindo maior eficiência no uso de água e uso racional de nutrientes.

Pesquisas da Embrapa e de outras instituições brasileiras (Santos et al., 2016; Silveira et al., 2020), testando a irrigação com déficit controlado, envolvendo o suprimento parcial do sistema radicular das fruteiras, mostraram que é possível o uso de lâminas de água menores que as usualmente recomendadas. Assim, essa tecnologia poupadora de água vem sendo implementada em várias regiões.

É cada vez mais comum o uso de variáveis climáticas obtidas em tempo real, por estações agrometeorológicas, para manejo da irrigação e obtenção de indicadores de risco de doenças.

## Manejo integrado de pragas e doenças

A incidência de pragas e doenças é monitorada, e medidas de controle são aplicadas apenas quando níveis críticos dos agentes são atingidos. Esse cuidadoso monitoramento fez surgir uma nova função nos pomares, a do pragueiro, um colaborador treinado e dedicado à identificação, à quantificação e ao controle de pragas.

O uso de defensivos agrícolas é minimizado e, quando necessário, é baseado em ingredientes ativos legalizados para cada cultura nas normas nacionais e internacionais, com atenção especial às exigências dos países importadores. As aplicações são realizadas com equipamentos e maquinários modernos ajustados para volumes de calda adequados a cada praga-alvo, o que leva a reduções importantes na quantidade de calda aplicada.

O controle biológico clássico mediante liberação de inimigos naturais é amplamente utilizado no manejo integrado de pragas-chave, a exemplo das moscas-das-frutas e tem sido inserido nas estratégias de controle de um número cada vez maior de pragas e doenças por meio da aplicação de fungos entomopatogênicos (*Beauveria* e *Metarhizium*) para o controle de mosca-branca, mosca-minadora, moscas-das-frutas, cochonilhas, coleópteros, ácaros e cigarrinhas; de biofungicidas à base de *Trichoderma* para o controle da fitóftora e de outros fungos do solo; e de bactérias como *Bacillus* e *Baculovirus* no controle de lagartas e com efeitos sobre nematoides. Ácaros-praga têm sido combatidos com óleo vegetal e a liberação de ácaros predadores produzidos em biofábricas. Óleos essenciais, como o de *Melaleuca alternifolia*, tem sido usado para prevenção e controle de doenças pós-colheita e mofo causado por fungos oportunistas.

Práticas de controle cultural e manejo preventivo são enfatizadas incluindo: poda de limpeza e proteção das áreas podadas contra infecções; desinfestação de ferramentas; eliminação de plantas ou partes infectadas; remoção de material infectado; prevenção a estresses e molhamento das plantas; e controle de vetores de doenças.

Aplicativos têm sido desenvolvidos para facilitar a identificação de pragas e doenças de fruteiras, a exemplo do aplicativo Uzum para a cultura da videira.

É intensa a busca por controle genético das principais pragas na fruticultura

brasileira, com uma série de sucessos já alcançados. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) conduz programas de melhoramento genético que tem gerado novas variedades de banana, caju, citros, mamão, manga, uva e outras fruteiras, com tolerância ou resistência a pragas e doenças muito severas, a exemplo da sigatoka-negra, sigatoka-amarela e fusariose da bananeira, a resinose do cajueiro, o cancro e a gomose-cítrica, o oídio do melão, o míldio da uva, a fusariose do abacaxi, entre outras.

## Manejo pós-colheita

Na fruticultura de exportação são aplicados os sistemas Boas Práticas de Fabricação e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, importantes mecanismos de controle de qualidade dos produtos ofertados aos mercados. É restrito o uso de agentes químicos de controle fitossanitário pós-colheita, excetuando-se situação tecnicamente justificada e aceita pelos sistemas de certificação internacionais.

Na fruticultura brasileira é assegurada a redução de estresse das frutas mediante seu manejo racional na colheita, no transporte e no embalamento, sendo o beneficiamento realizado em espaço com ventilação e luminosidade adequadas, na maioria das vezes em *packing houses* climatizados e, quando os países de destinos exigem, é realizado o tratamento quarentenário hidrotérmico para controle de moscas-das-frutas em manga e mamão, e o tratamento a frio em uva. Desse modo, é comum a aplicação

de tecnologias de resfriamento rápido, o armazenamento refrigerado e a manutenção da cadeia de frio no transporte e distribuição das frutas de exportação. É obrigatória a desinfecção, bem como é frequente a utilização de equipamento gerador de ozônio em câmaras frias e contêineres, visando ao controle de fungos causadores de mofo.

No seu conjunto, as tecnologias sustentáveis empregadas nessas cadeias, atendem a, pelo menos, três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) (Nações Unidas, 2012) e acordados por várias nações: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável (ODS 2); Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas e todos (ODS 8); e Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ODS 12).

## Aspectos logísticos que geram sustentabilidade na cadeia de produção

Os processos de monitoramento da qualidade e da eficiência das técnicas adotadas ao longo da cadeia permitem aferir o atendimento às normas que regem as relações de comercialização para os grupos importadores e identificar problemas precocemente. Nos processos internos, específicos da fase de produção, o controle é local. Porém, o monitoramento a partir da saída da carga em contêineres refrigerados para o porto ou

aeroporto requer o uso de sensores de forma a informar se as condições da carga atendem às recomendações técnicas de refrigeração para cada tipo de fruta. Nessa fase, são priorizadas as menores distâncias terrestres possíveis. Porém, no caso de transporte marítimo, que é o predominante, a operacionalização de recebimento e despacho das cargas nos portos e os custos associados, muitas vezes, interferem nessa decisão.

O monitoramento remoto se mantém durante o trânsito para o exterior e até a liberação da carga para as unidades de distribuição em cada país. As empresas de maior porte e com maior experiência em exportação de frutas frescas mantêm equipes em cidades portuárias no exterior, a fim de analisar as condições de recebimento, a qualidade do produto, a amostragem realizada pelos importadores para análise do atendimento aos limites de resíduos praticados, entre outros aspectos associados às certificações. É crescente o volume de exportação de frutas brasileiras pelo modal aéreo. No caso do mamão, essa via representou cerca de 88% das exportações entre 2011 e 2018, permitindo a oferta de frutas de melhor qualidade aos consumidores.

As principais processadoras de laranja se concentram a menos de 500 km do porto de exportação em Santos, SP. O suco de laranja é transportado a granel, em caminhões-tanque, até o porto por via rodoviária, o que diminui o número de viagens necessárias quando se compara com o transporte feito em tambores de 200 L (forma clássica). O transporte marítimo se dá em navios sucoleiros

especialmente desenvolvidos para este fim, modalidade que também reduz o número de viagens.

## Outras informações relevantes

A produção orgânica de frutas tem sido fomentada por políticas públicas que contribuem para o seu crescimento em taxas anuais elevadas. Atendendo essa demanda, a Embrapa tem executado programa específico de pesquisa e disponibilizado sistemas orgânicos de produção para várias fruteiras (banana, manga, abacaxi, maracujá). Essa é mais uma contribuição para a oferta de frutas saudáveis, sem o uso de agroquímicos.

É evidente a existência de uma consciência crescente da importância da preservação ambiental entre os fruticultores e a consequente observância das rigorosas normas emanadas do Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012). Como exemplo

disso, pode ser destacado que, no cinturão citrícola, os produtores conservam cerca de 180 mil hectares de vegetação nativa em suas propriedades para cerca de 460 mil hectares cultivados com laranja. Pelo menos 80 mil hectares de citros são certificados pela Rainforest Alliance, certificação também comum nas produções de manga, uva e melão.

A busca do aprimoramento do nível tecnológico na fruticultura depende muito da participação de recursos humanos bem preparados. Nesse contexto, a fruticultura conta com o apoio de importantes órgãos de capacitação, assistência técnica e extensão rural, nos maiores polos de produção de frutas, incluindo o Centro de Fruticultura do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) em Juazeiro, BA, localizado no principal polo exportador de frutas frescas do Brasil.

O Brasil investe muito em pesquisa agrícola, o que também se aplica à fruticultura. Grandes esforços vêm sendo feitos





Foto: Eduardo Girardi

para ajustes tecnológicos que promovam aumento de produtividade, com melhoria da qualidade das frutas, em sistemas de cultivo cada vez mais sustentáveis do ponto de vista ambiental. Um exemplo disso, são as estratégias adotadas para o controle ou a convivência com o HLB, a doença mais severa da citricultura mundial. Uma das estratégias tem sido o aumento acentuado da densidade de plantio, que pode compensar a perda de plantas doentes. Novos porta-enxertos que determinam menor porte da planta cítrica, com maior produção de frutos por volume de copa e de frutos com maior teor de açúcares, desenvolvidos pela Embrapa, estão sendo introduzidos na citricultura nacional. Muitos desses novos porta-enxertos cítricos apresentam elevada tolerância à seca, representando auxílio precioso na adaptação da cultura às mudanças climáticas em curso.

As cadeias produtivas das principais frutas brasileiras exportadas contam com uma boa rede de integração de instituições gestoras, em especial associações de exportadores, como Abrafrutas, Brapex para o mamão; Frutas do Vale do Rio São Francisco (Valexport), Banana no Norte de Minas Gerais (Abanorte), CitrusBR, Sindicaju, além de apoiadoras (órgãos de pesquisa e assistência técnica federais e estaduais, Fundecitrus, Senar), com o Mapa e outros ministérios pertinentes. Essa integração facilita a superação conjunta de desafios à abertura e à manutenção de mercados externos para as frutas brasileiras, inclusive barreiras fitossanitárias. Um exemplo é o programa Systems Approach que permitiu acesso do mamão brasileiro ao mercado dos Estados Unidos, ao integrar práticas na pré- e pós-colheita, levando em conta fatores biológicos, físicos e operacionais, para garantir que os frutos estejam livres de moscas-das-frutas (*Ceratitis capitata*).

## Efeito poupa-terra

A evolução tecnológica na fruticultura brasileira ao longo das últimas décadas resultou na elevação expressiva da produtividade. A comparação das produtividades das principais frutas exportadas, obtidas em 1990 e 2018 (Tabela 6), mostra um aumento geral de 64% da produtividade em volume por hectare, com acréscimos variando entre 11% e 137% nas diferentes cadeias produtivas. Essa elevação da produtividade média representou, em 2018, um efeito poupa-terra de 944.491 ha, o que corresponde a cerca de 30% da área cultivada com fruteiras no País, estimada em cerca de 2,5 milhões de hectares.

Observando especificamente as frutas cítricas, que ocupam a primeira posição em área cultivada, produção e exportação, principalmente sob a forma de suco, na fruticultura brasileira, houve aumento de produtividade em 84,8% para laranja e de 82% para a lima ácida 'Tahiti', com um efeito poupa-terra de 542.936 ha, o que corresponde a 84,8% da área cultivada com essas frutas em 2018 (Tabela 6).

As tecnologias citadas na seção Tecnologias sustentáveis empregadas nas cadeias atendem aos preceitos de sustentabilidade nos seus segmentos ambiental, econômico e social, repercutindo em maior eficiência de uso das áreas agricultáveis. Por conseguinte, tem-se maiores produções por unidade, reduzindo a demanda por abertura de novas áreas de cultivo, o que contribui para a manutenção de espaços preservados nas diferentes regiões frutícolas do País.

Vários exemplos da contribuição de tecnologias geradas para as condições brasileiras e adotadas pelos sistemas de produção de frutas, com destaque para aquelas de importância para o segmento exportador, podem ser citados. A maioria delas amparada pela adoção do sistema de produção integrada (Zambolim et al., 2009). Algumas são especificadas a seguir em decorrência de sua contribuição para melhores desempenhos por unidade de área produzida, superando a prática de ocupação de áreas extensivas para se atingir produções desejáveis.

Os vários programas de melhoramento genético desenvolvidos por instituições brasileiras de ciência e tecnologia avançaram na disponibilização de cultivares com alto desempenho produtivo e, em alguns casos, resistentes a estresses bióticos ou abióticos. A Embrapa coordena programas de melhoramento genético de frutas que lideram os rankings de produção e exportação no País, como banana, citros, mamão, manga, melão e uva. Várias cultivares e híbridos lançados estão disponíveis no mercado, alguns dos quais incorporados à cadeia produtiva. Um exemplo é a boa aceitação e altas produtividades, com custo de produção relativamente menor, das cultivares de videira BRS Vitória e BRS Ísis, em particular a primeira (Maia et al., 2014). Com a área de produção estável na principal região produtora e exportadora de uvas para mesa do País, nos últimos 2 anos, o crescimento das cultivares citadas se baseou em substituição de algumas das tradicionalmente adotadas.

**Tabela 6.** Estimativa de poupa-terra devido ao aumento da produtividade na fruticultura brasileira, com foco nas principais frutas de exportação.

Fruta	Produtividade em 1990 (t ha <sup>-1</sup> )	Produtividade em 2018 (t ha <sup>-1</sup> )	Aumento de produtividade (%)	Produção em 2018 (t)	Área plantada em 1990 (ha)	Área plantada em 2018 (ha)	Área poupada em 2018 (ha)
Laranja	15,35	28,37	84,8	16.713.000	1.088.795	589.139	499.656
Banana	11,51	15,03	30,5	6.752.000	586.620	449.284	137.336
Melancia	13,03	21,97	68,6	2.240.796	171.972	101.975	69.997
Manga	10,66	20,10	88,5	1.319.296	123.761	65.646	58.115
Limão	15,42	28,06	82,0	1.481.322	96.064	52.784	43.280
Uva	13,72	21,38	55,8	1.591.986	116.034	74.472	41.562
Maçã	18,25	36,18	98,2	1.195.007	65.480	33.029	32.451
Melão	10,52	24,93	137,0	581.478	55.274	23.324	31.950
Tangerina	14,72	19,01	29,1	996.872	67.722	52.450	15.272
Abacaxi	33,28	37,04	11,2	2.650.479	79.641	70.553	9.088
Mamão	32,10	38,10	18,7	1.060.392	33.034	27.250	5.784
	<b>Média</b>		<b>64,0</b>			<b>Total</b>	<b>944.491<sup>(1)</sup></b>

<sup>(1)</sup>A área poupada devido ao aumento da produtividade dessas 11 fruteiras corresponde a cerca de 38% da área cultivada com fruteiras no Brasil, ou seja, de cerca de 2,5 milhões de hectares.

Fonte: dados de IBGE (2019).

A tecnologia de manejo da floração para produção em período diferente do estímulo natural das plantas é um exemplo de ganhos de produtividade na fruticultura (Albuquerque et al., 2002). O alcance e o crescimento da manga brasileira no mercado externo, com a consequente contribuição em geração de divisas para o País, têm nessa tecnologia um dos elementos viabilizadores.

Várias práticas e estratégias de manejo inseridos na fruticultura atendem aos desafios da produção mais eficiente e integrada ao ambiente. Nessa perspectiva, o manejo integrado de pragas e doenças incorpora cada vez mais agentes de controle biológico na produção frutícola. Alguns exemplos incluem fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisoplae*, e inimigos naturais para pragas como a mosca-minadora (Leal et al., 2018; Costa-Lima et al., 2019). Bactérias têm sido ferramentas importantes e têm sido multiplicadas nas propriedades rurais, em algumas cadeias, a exemplo de mangicultura e viticultura.

De forma mais direta, uma importante estratégia de cultivo que reduz o uso de terras é o adensamento de plantio. O conceito de cultivos intensificados tem no adensamento uma de suas bases. As vantagens para a fruticultura incluem produções maiores e mais precoces, melhoria na qualidade dos frutos, redução de custos e possibilidade de mecanização de parte dos tratamentos culturais (Tripathi et al., 2020). A estratégia é incrementada com o uso de porta-enxertos e cultivares copa de menor porte, bem como de métodos de controle da altura das plantas,

Foto: Eduardo Girardi



seja por práticas mecânicas ou por meio de reguladores vegetais. Várias cadeias da fruticultura nacional se beneficiam desse tipo de manejo, seja por meio de uma prática específica seja por um conjunto delas, apresentando ganhos em uso eficiente de terra, água, nutrientes e radiação solar. A cajucultura e a mangicultura são exemplos importantes.

No que se refere ao manejo do solo, as práticas adotadas na fruticultura contemplam o uso de *mulching*. A técnica é considerada poupadora de água e de solo, contribuindo para uma produção sustentável. Segundo Kaur e Bons (2017), traz benefícios à conservação da umidade do solo, permite maior eficiência no uso de água, ameniza a temperatura do solo, suprime o crescimento de plantas invasoras, melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de prevenir perdas por erosão. Dessa forma, os efeitos conjuntos resultam em melhores condições para crescimento, produção e qualidade das frutas.

Alguns estudos também quantificaram os benefícios decorrentes do uso de coquetéis vegetais em sistemas de produção, como os de meloeiro e da mangueira. De forma geral, a produção de matéria vegetal da parte aérea e o acúmulo de nutrientes aumentam com o uso de coquetéis vegetais, em relação à vegetação espontânea (Giongo et al., 2017). O sistema radicular dos coquetéis vegetais adiciona maiores quantidades de matéria vegetal e nutrientes ao solo, quando comparado à vegetação espontânea. A ciclagem de nutrientes e adição de nitrogênio por meio de leguminosas

podem reduzir os custos com adubação. Os autores ressaltaram que, condições propícias ao uso de coquetéis vegetais, ao longo do tempo, devem aumentar a eficiência dos cultivos do meloeiro, impactando positivamente a ciclagem de nutrientes e a adição de nitrogênio, além do estímulo à biota do solo.

No cultivo da mangueira, o uso de adubos verdes como cultivos intercalares, independente da sua composição, adiciona nutrientes ao solo, proporcionando aumentos de produtividade. A qualidade química do solo, em relação aos teores de fósforo, matéria orgânica e nitrogênio também é beneficiada (Brandão et al., 2017).

No caso específico da citricultura, podem ser destacadas as seguintes inovações tecnológicas que contribuíram para o grande avanço produtivo com efeito poupa-terra:

- 1) Desenvolvimento e uso de novos porta-enxertos que determinaram maior precocidade, resistência a diversas doenças e maior produção de frutos por volume de copa e com suco de melhor qualidade.
- 2) Adoção de novas variedades-copa e clones mais produtivos de variedades-copa tradicionais, e que produzem suco de maior qualidade.
- 3) Maior densidade de plantio associada com uso de porta-enxertos ananican-tes ou semianicantes e/ou com podas inteligentes (Figura 1).



**Figura 1.** Densidade de plantio de laranja nos pomares por ano de plantio no Brasil.

Fonte: Tree inventory... (2020).

- 4) Aprimoramento do manejo integrado de pragas e doenças com redução de perdas de frutos.
- 5) Aprimoramento do manejo do solo no pomar cítrico com uso de coberturas verdes.
- 6) Avanços no manejo nutricional dos pomares cítricos.
- 7) Expressiva melhoria na qualidade das mudas cítricas.
- 8) Migração de plantios para regiões mais favoráveis à cultura, notadamente no centro-sul do estado de São Paulo.
- 9) Expressivo aumento dos pomares irrigados.

## Referências

ALBUQUERQUE, J. A. S. de; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. do C. Indução floral. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 259-276.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS. **Pesquisa do Fundecitrus identifica o volume de calda ideal**. 7 out. 2019. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/noticias/?id=312765>. Acesso em: 4 ago. 2020.

BRANDÃO, S. da S.; GIONGO, V.; OLSZEWSKI, N.; SALVIANO, A. M. Coquetéis vegetais e sistemas de manejo alterando a qualidade do solo e produtividade da mangueira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1079-1089, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 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. Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: <https://www.terraBrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/lei-no-12651-de-25-de-maio-de-2012-lei-florestal.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrostat**: estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro: exportação importação. 2019. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 1 set. 2020.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 20, de 27 de setembro de 2001**. Diretrizes gerais da Produção Integrada de Frutas (DGPIF) e as Normas Técnicas Gerais para a Produção Integrada de Frutas (NTGPIF). Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=730995312>. Acesso em: 4 ago. 2020.

COMEX STAT. **Exportação e importação geral**. 2019. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 1 set. 2020.

COSTA-LIMA, T. C. da; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing potential as biocontrol agents of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 660-667, 2019.

FAO. **Faostat**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 set. 2020.

GIONGO, V.; SANTANA, M. da S.; BRANDÃO, S. da S.; SALVIANO, A. M.; COSTA, N. D.; YURI, J. E.; VEZZANI, F. M. Sistema conservacionista de cultivo de melão utilizando coquetéis vegetais no Submédio São Francisco. In: FIGUEIREDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (ed.). **Produção de melão e mudanças climáticas**: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 231-253.

IBGE. **Sidra**: produção agrícola municipal. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 18 set. 2020.

KAUR, J.; BONS, H. K. Mulching: a viable option to increase productivity of field and fruit crops. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 9, n. 2, p. 974-982, 2017.

LEAL, C. M.; GAVA, C. A. T.; PARANHOS, B. A. J.; GOMÉZ, M.; MOREIRA, J. O. T. Formulações de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* para aplicação em machos estéreis como vetores para fêmeas de *Ceratitis capitata*. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3., 2018, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. p. 313-318. (Embrapa Semiárido. Documentos, 284).

MAIA, J. D. G.; RITSCHHELL, P.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T. de.; FAJARDO, T. V. M.; NAVES, R. de L.; GIRARDI, C. L. 'BRS Vitória' – a novel seedless table grape cultivar exhibiting special flavor and tolerance to downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 3, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a31>.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 4 ago. 2020.

RELATÓRIO CENÁRIO HORTIFRUTI BRASIL. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados, 2018. Disponível em: <https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/Relatorio-Hortifruti.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. de M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação lateralmente alternada em lima ácida 'Tahiti' na região norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 71-71, 2016. Edição especial.

SILVEIRA, L. K.; PAVÃO, G. C.; DIAS, C. T. dos S.; QUAGGIO, J. A.; PIRES, R. C. de M. Deficit irrigation effect on fruit yield, quality and water use efficiency: a long-term study on Pêra-IAC sweet orange. **Agricultural Water Management**, v. 231, Mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106019>.

TREE INVENTORY and orange crop forecast for São Paulo and West-Southwest Minas Gerais citrus belt: snapshot of groves in march 2020. Araraquara: Fundecitrus, 2020. Disponível em: [https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes\\_relatorios/2020\\_06\\_25\\_Tree\\_Inventory\\_and\\_](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Tree_Inventory_and_)

[Orange\\_Crop\\_Forecast\\_2020-2021.pdf](#). Acesso em: 30 jul. 2020.

TRIPATHI, V. K.; KUMAR, S.; DUBEY, V.; NAYYER, MD. A. High-density planting in fruit crops for enhancing fruit productivity. In: SINGH, A. K.; PATEL, V. B. (ed). **Sustainable agriculture: advances in technological interventions**. [S.l.]: CRC Press, 2020. E-book.

ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília, DF, 2009. 1008 p.

## Literatura recomendada

ADAMI, A. C. de O. Determinantes da adoção do controle biológico da *Diaphorina citri* e disposição a pagar dos citricultores do estado de São Paulo. In: CIER, 11., 2016, Vila Real. **Smart and inclusive development in rural areas: book of abstracts**. Vila Real: Utad, 2016. p. 48.

AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. dos; FERREIRA, C. F.; RODRIGUEZ, M. A. D. Melhoramento genético da bananeira: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 919-931, 2013.

AMORIM, M. da S.; GIRARDI, E. A.; FRANÇA, N. de O.; GESTEIRA, A. da S.; SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S. Initial performance of alternative citrus scion and rootstock combinations on the northern coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 4, p. 1-11, 2018.

AUSIQUE, J. S.; D'ALESSANDRO, C. P.; CONCESCHI, M. R.; MASCARIN, G. M.; DELALIBERA JÚNIOR, I. Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 3, p. 947-960, 2017.

AZEVEDO, F. A. de; ALMEIDA, R. F. de; MARTINELLI, R.; PRÓSPERO, A. G.; LICERRE, R.; CONCEIÇÃO, P. M. da; ARANTES, A. C. C.; DOVIS, V. L.; BOARETTO, R. M.; MATTOS JUNIOR, D. No-tillage and high-density planting for Tahiti acid lime grafted onto Flying Dragon trifoliolate orange. **Crop Biology and Sustainability**, v. 4, n. 108, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.0010>.

AZEVEDO, F. A.; PACHECO, C. de A.; SCHINOR, E. H.; CARVALHO, S. A. de; CONCEIÇÃO, P. M. da. Produtividade de laranja Folha Murcha enxertada em limoeiro Cravo sob adensamento de plantio. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 184-188, 2015.

BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; MIRANDA, M. P. de; WULFF, N. A.; VOLPE, H. X. L.; AYRES, A. J. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 251-264, 2020.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; GIMENES-FERNANDES, N.; YAMAMOTO, P. T.; GOTTSWALD, T. R.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease**, v. 97, n. 6, p. 789-796, 2013.

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. Avaliação de citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos para citros em São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 264-267, 2005.

BOARETTO, R. M.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen-15 uptake and distribution in two citrus species. **Soil Solutions for a Changing World**, p. 1-6, 2010.

BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. Boron uptake and distribution in field grown citrus trees. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 6, p. 839-849, 2011.

BOAVA, L.; SAGAWA, C. H. D.; CRISTOFANI-YALY, M.; MACHADO, M. A. Incidence of 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*' infected plants among citrandarins as rootstock and scion under field conditions. **Phytopathology**, v. 105, n. 4, p. 518-524, 2015.

BREMER NETO, H.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E. The horticultural performance of five 'Tahiti' lime selections grafted onto 'Swingle' citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 181-186, 2013.

CAMPOS, K. A. F.; AZEVEDO, F. A.; BASTIANEL, M.; CRISTOFANI-YALY, M. Resistance to alternaria brown spot of new citrus hybrids. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, p. 1-10, 2017.

- CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SILVA, S. R.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; BREMER NETO, H. Rootstocks for high fruit yield and quality of 'Tahiti' lime under rain-fed conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 105-111, 2012.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SILVA, S. R.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E. Tree performance and fruit yield and quality of 'Okitsu' Satsuma mandarin grafted on 12 rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 318-322, 2010.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SILVA, S. R.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E. Horticultural performance of 'Folha Murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 259-265, 2011.
- CAPUTO, M. M.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; SILVA, S. R.; BREMER NETO, H.; COUTO, H. T. Z.; STUCHI, E. S. Seleção de cultivares de laranja doce de maturação precoce por índices de desempenho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 11, p. 1669-1672, 2012.
- CARDOSO, J. E.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A. A.; VIDAL, J. C. Evaluation of resistance in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brazil. **Crop Protection**, v. 25, n. 8, p. 855-859, 2006.
- CARVALHO, H. W. L.; TEODORO, A. V.; BARROS, I.; CARVALHO, L. M.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M. Rootstock-related improved performance of 'Pera' sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109148-109148, 2020.
- CARVALHO, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; BARROS, I.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. New scion-rootstock combinations for diversification of sweet orange orchards in tropical hardsetting soils. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 169-176, 2019.
- CARVALHO, S. A. de; GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. de A. A.; FERRAREZI, R. S.; COLETTA FILHO, H. D. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 6, e-422, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019422>.
- CARVALHO, S. A.; NUNES, W. M. C.; BELASQUE JÚNIOR, J.; MACHADO, M. A.; CROCE-FILHO, J.; BOCK, C. H.; ABDO, Z. Comparison of resistance to asiatic citrus canker among different genotypes of citrus in a long-term canker-resistance field screening experiment in Brazil. **Plant Disease**, v. 99, n. 2, p. 207-218, 2015.
- CIFUENTES-ARENAS, J. C.; GOES, A. de; MIRANDA, M. P. de; BEATTIE, G. A. C.; LOPES, S. A. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS One**, v. 13, n. 1, e0190563, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190563>.
- COSTA, D. P.; STUCHI, E. S. S.; GIRARDI, E. A.; RAMOS, Y. C.; FADEL, A. L.; MALDONADO JUNIOR, W.; GESTEIRA, A. S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Potential rootstocks for Valencia sweet orange in rain-fed cultivation in the North of São Paulo, Brazil. **Citrus Research & Technology**, v. 37, n. 1, p. 26-36, 2016.
- DINIZ, A. J. F.; GARCIA, A. G.; ALVES, G. R.; REIGADA, C.; VIEIRA, J. M.; PARRA, J. R. P. The enemy is outside: releasing the parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in external sources of HLB inocula to control the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 250-257, 2020.
- DONADIO, L. C.; LEDERMAN, I. E.; ROBERTO, S. R.; STUCHI, E. S. Dwarfing-canopy and rootstock cultivars for fruit trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 3, 2019.
- DONADIO, L. C.; PIFFER, W. J.; STUCHI, E. S. Efeito de espaçamento para laranjeira 'Pêra' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada sobre tangerineira 'Cleópatra' (C. reshi Hort. ex Tan.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 14, n. 3, p. 125-129, 1992.
- DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S.; POZZAN, M.; SEMPIONATO, O. R. **Novas variedades e clones de laranja doce para indústria**. Bebedouro: UNESP/FUNEP/EECB, 1999. 42 p. (Boletim Citrícola, n. 8).
- ERPEN, L.; MUNIZ, F. R.; MORAES, T. de S.; TAVANO, E. C. da R. Análise do cultivo da laranja no Estado de São Paulo de 2001 a 2015. **Revista IPecege**, v. 4, n. 1, p. 33-43, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2018.1.33>.

- ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade de frutos da tangerina «Fremont» sobre quatro porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 308-312, 2007.
- ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; DIAS, C. T. S. Performance of ‘Tahiti’ lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 227-231, 2011.
- FADEL, A. L.; STUCHI, E. S.; CARVALHO, S. A.; FEDERICI, M. T.; COLETTA-FILHO, H. D. Navelina ISA 315: A cultivar resistant to citrus variegated chlorosis. **Crop Protection**, v. 64, p. 115-121, 2014.
- FADEL, A. L.; STUCHI, E. S.; COUTO, H. T. Z.; RAMOS, Y. C.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Trifoliolate hybrids as alternative rootstocks for Valencia sweet orange under rainfed conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 235, p. 397-406, 2018.
- FADEL, A. L.; STUCHI, E. S.; SILVA, S. R.; PAROLIN, L. G.; OLIVEIRA, C. R.; MULLER, G. W.; DONADIO, L. C. Compatibility and horticultural performance of Pera sweet orange clones grafted to Swingle citrumelo rootstock. **Bragantia**, v. 78, n. 4, p. 564-572, 2019.
- FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M.; TORMEM, V. Relations among Valencia orange yields with soil and leaf nutrients in northwestern Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 4, 2000. DOI: [10.1590/S1516-89132000000400006](https://doi.org/10.1590/S1516-89132000000400006).
- FIDALSKI, J.; BARBOSA, G. M. de C.; AULER, P. A. M.; PAVAN, M. A.; BERALDO, J. M. G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 76-83, 2009.
- FIGUEIREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R. M.; SEMPIONATO, O. R. Porta-enxertos para a lima-ácida-‘Tahiti’ na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.
- FRANÇA, N. O.; AMORIM, M. S.; GIRARDI, E. A.; GESTEIRA, A. S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Plant growth, yield and fruit quality of ‘Piemonte’ tangor grafted onto 14 rootstocks on the northern coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 4, p. 1-8, 2018. DOI: [10.1590/0100-29452018784](https://doi.org/10.1590/0100-29452018784).
- FRANÇA, N. O.; AMORIM, M. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Performance of ‘tuxpan valencia’ sweet orange grafted onto 14 rootstocks in northern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 1/e-684-9, 2016.
- GIRARDI, E. A.; CERQUEIRA, T. S.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E.; SILVA, S. R.; STUCHI, E. S. Sunki mandarin and Swingle citrumelo as rootstocks for rain-fed cultivation of late-season sweet orange selections in northern São Paulo state, Brazil. **Bragantia**, v. 76, n. 4, p. 501-511, 2017.
- HIPPLER, F. W. R.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. Copper in citrus production: required but avoided. **Citrus Research & Technology**, v. 38, n. 1, p. 99-106, 2017.
- HIPPLER, F. W. R.; CIPRIANO, D. O.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; GAZIOLA, S. A.; AZEVEDO, R. A.; MATTOS JUNIOR, D. Citrus rootstocks regulate the nutritional status and antioxidant system of trees under copper stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 130, p. 42-52, 2016.
- KOLLER, O. C.; BARRADAS, C. I. N.; LICHTENBERG, L. A.; DORNELLES, A. L. C.; MERTEN, G. H. Três porta-enxertos e seis espaçamentos na produção da laranja cv. Valência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 275-280, 1983.
- MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S. A.; VITTI, G. C. The use of diagnosis recommendation integrated system (DRIS) to evaluate the nutritional status of healthy and blight affected citrus trees. In: FRAGOSO, M. A. C.; BEUSICHEM, M. L. van; HOUWERS, A. (ed.). **Optimization of plant nutrition**. Dordrecht: Springer, 1993. p. 157-159. (Developments in Plant and Soil Sciences, v. 53).
- MATTOS JUNIOR, D.; HIPPLER, F. W.; BOARETTO, R. M.; STUCHI, E. S.; QUAGGIO, J. A. Soil boron fertilization: The role of nutrient sources and rootstocks in citrus production. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 7, p. 1609-1616, 2017.
- MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K.; GRAETZ, D. A. Response of young citrus trees on selected rootstocks to nitrogen,

- phosphorus, and potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 8, p. 1371-1385, 2006.
- MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R. M.; ZAMBROSI, F. C. B. Nutrient management for high citrus fruit yield in tropical soils. **Better Crops**, v. 96, n. 1, p. 4-7, 2012.
- MOREIRA, A. S.; STUCHI, E. S.; SILVA, P. R. B.; BASSANEZI, R. B.; GIRARDI, E. A.; LARANJEIRA, F. F. Could tree density play a role in managing Citrus Huanglongbing epidemics?. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p. 268-274, 2019. DOI: [10.1007/s40858-019-00284-1](https://doi.org/10.1007/s40858-019-00284-1).
- MOURÃO FILHO, F. A. A.; ESPINOZA NÚÑEZ, E.; STUCHI, E. S.; ORTEGA, E. M. M. Plant growth, yield, and fruit quality of 'Fallglo' and 'Sunburst' mandarins on four rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 114, n. 1, p. 45-49, 2007.
- MOURÃO FILHO, F. A. A.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; STUCHI, E. S.; ORTEGA, E. M. Desenvolvimento e produtividade da tangerina 'Fairchild' sobre quatro porta-enxertos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1553-1557, 2008.
- MOURÃO FILHO, F. de A. A. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 550-560, 2004.
- MOURÃO FILHO, F. de A. A.; AZEVEDO, J. C. DRIS norms for 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 85-93, 2003.
- PAIVA, J. R.; CARDOSO, J. E.; MESQUITA, A. L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A. A. Desempenho de clones de cajueiro-anão precoce no semi-árido do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 295-300, 2008.
- PARRA, J. R. P. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, v. 1, 2019. DOI: [10.37486/2675-1305.ec01002](https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec01002).
- PARRA, J. R. P.; ALVES, G. R.; DINIZ, A. J. F.; VIEIRA, J. M. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) × *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw003>.
- PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; TORRES, M. L. G.; NAVA, D. E.; PAIVA, P. E. B. Biology and ecology of the vector *Diaphorina citri* and transmission of bacteria associated with *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.
- PINTO, A. P. F.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M. de; WENZEL, I. M. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* ao psíldeo *Diaphorina citri* e compatibilidade do fungo com produtos fitossanitários. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1673-1680, 2012.
- PIRES, R. C. M.; PAVÃO, G. C.; MAGALHÃES FILHO, J. R.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, A. L. B. de O.; OHASHI, A. Y. P. Deficit irrigation effect in Natal orange orchard in State of São Paulo, Brazil. In: EGU GENERAL ASSEMBLY, 20., 2018, Vienna. **Proceedings...** Vienna: EGUGA, 2018. p. 19599.
- QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, n. 1, p. 67-74, 1998.
- QUAGGIO, J. A.; SOUZA, T. R.; ZAMBROSI, F. C. B.; BOARETTO, R. M.; MATTOS JUNIOR, D. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 3, p. 404-411, 2014.
- RAMOS, Y. C.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; SENTELHAS, P. C.; FADEL, A. L. Sensibilidade de laranjeiras-doces ao déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 86-89, 2016.
- RAMOS, Y. C.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; LEÃO, H. C.; GESTEIRA, A. S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. Dwarfing rootstocks for 'Valencia' sweet orange. **Acta Horticulturae**, v. 1065, p. 351-354, 2015.
- REIS, R. F.; ALMEIDA, T. F.; STUCHI, E. S.; GOES, A. Susceptibility of citrus species to *Alternaria alternata*, the causal agent of the *Alternaria* brown spot. **Scientia Horticulturae**, v. 113, n. 4, p. 336-342, 2007.
- RODRIGUES, M. J. S.; ANDRADE NETO, R. C.; ARAÚJO NETO, S. E.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L. S.; ALMEIDA, U. O. Performance of 'Valência' sweet orange grafted onto rootstocks in the state of Acre, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e01349, 2019.

- RODRIGUES, M. J. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; ANDRADE NETO, R. C.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; LESSA, L. S.; ALMEIDA, U. O.; ARAÚJO, J. M. Agronomic performance of the 'Pera' orange grafted onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. e6642, 2019.
- SANCHES, A. L.; FELIPPE, M. R.; CARMO, A. U.; RUGNO, G. R.; YAMAMOTO, P. T. Eficiência de inseticidas sistêmicos, aplicados em mudas cítricas, em pré-plantio, no controle de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae). **BioAssay**, v. 4, n. 6, p. 1-7, 2009.
- SANTOS, L. O.; DURIGAN, J. F.; STUCHI, E. S.; NOGUEIRA, R. M.; DURIGAN, M. F. B. Postharvest storage of 'Ponkan', 'Satsuma Okitsu' and Freemont tangerines and their minimally processed products using refrigeration and controlled atmosphere. **Acta Horticulturae**, v. 934, p. 583-589, 2012.
- SANTOS, M. G.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; GESTEIRA, A. S.; PASSOS, O. S.; FERREIRA, C. F. Initial horticultural performance of nine 'Persian' lime selections grafted onto Swingle citrumelo. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 2, p. 109-114, 2016.
- SCAPIN, M. S.; BEHLAU, F.; SCANDELAI, L. H. M.; FERNANDES, R. S.; SILVA JUNIOR, G. J.; RAMOS, H. H. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, v. 77, p. 119-126, 2015.
- SILVA JUNIOR, G. J.; SCAPIN, M. S.; SILVA, F. P.; SILVA, A. R. P.; BEHLAU, F.; RAMOS, H. H. Spray volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop Protection**, v. 85, p. 38-45, 2016.
- SILVA, S. R.; FRANCO, D.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R.; PERECIN, D. Produção inicial e qualidade dos frutos de laranja 'Moro' em 16 porta-enxertos em Bebedouro (SP). **Laranja**, v. 27, n. 1, p. 83-90, 2006.
- SILVA, S. R.; FRANCO, D.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R.; PERECIN, D. Qualidade e produção de frutos das laranjeiras 'Natal' e 'Valência' em 13 porta-enxertos em Bebedouro (SP). **Laranja**, v. 27, n. 1, p. 91-100, 2006.
- SILVA, S. R.; GIRARDI, E. A.; SANTOS, M. G.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E.; STUCHI, E. S. Plant growth, yield and fruit quality of Clementine mandarin selections under subtropical climate in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 4, p. 1-10, 2018.
- SILVA, S. R.; MUNIZ, F. R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E.; GIRARDI, E. A.; STUCHI, E. S. Laranjeiras mediterrâneas de meia-estação em condições de sequeiro em clima subtropical no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 597-607, 2017.
- SILVA, S. R.; OLIVEIRA, J. C.; STUCHI, E. S.; REIFF, E. T. Qualidade e maturação de tangerinas e seus híbridos em São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 977-986, 2009.
- SILVA, S. R.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E.; BASSAN, M. M. Desempenho da tangerineira 'Span Americana' em diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1052-1058, 2013.
- SIMÕES, W. L.; COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SANTOS, M. R.; COSTA, E. L. Transpiration, water extraction, and root distribution of Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) plant under different micro-sprinkler placements. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 31, p. 1369-1378, 2019.
- SIMONETTI, L. M.; CRISTOFANI-YALY, M.; BARROS, V. L. N. P.; SCHINOR, E. H.; FADEL, A. L.; SOUSA, M. C.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Porta-enxertos alternativos para cultivo de laranja Valência na região sudoeste do estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 2, p. 49-58, 2015.
- STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R. Performance of Tahiti lime on Poncirus trifoliata var. monstrosa Flying Dragon in four densities. **Fruits**, v. 58, n. 1, p. 13-17, 2003.
- STUCHI, E. S.; DONADIO, L. D.; SEMPIONATO, O. R.; PERECIN, D. Produtividade e qualidade dos frutos da laranja 'Pêra' clone IAC em 16 porta-enxertos na região de Bebedouro-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 359-362, 2004.
- STUCHI, E. S.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; ORTEGA, E. M. M. Vigor, produtividade e qualidade de frutos de quatro tangerineiras e híbridos sobre quatro porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 741-747, 2008.
- STUCHI, E. S.; FIGUEIREDO, J. O.; DONADIO, L. C.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R.

M.; SEMPIONATO, O. R. Porta-enxertos para a lima-ácida-‘Tahiti’ na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. Adensamento de plantio deve ser o quarto elemento no manejo do HLB. **Citricultura Atual**, v. 14, n. 81, p. 12-16, 2011.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; SILVA, S. R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; PAROLIN, L. G.; REIFF, E. T.; SEMPIONATO, O. R. Satsuma mandarins grafted onto Swingle citrumelo for early season harvest in subtropical conditions in Brazil. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 1-8, 2019.

TEODORO, A. V.; CARVALHO, H. W. L.; BARROS, I.; CARVALHO, L. M.; MARTINS, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S. Performance of Jaffa sweet orange on different rootstocks for orchards in Brazilian northeast. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01665, 2020.

TEÓFILO SOBRINHO, J.; SALIBE, A. A.; FIGUEIREDO, J. O. de; SCHINOR, E. H. Assessment of different

plant spacing patterns for ‘Hamlin’ sweet orange on ‘Rangpur lime’ in Cordeirópolis, state of São Paulo, Brazil. **Laranja**, v. 23, n. 2, p. 439-452, 2002.

VITTI, G. C.; DONADIO, L. C.; DELARCO, R. D.; MALAVOLTA, E.; CABRITA, J. R. M. Influence of soil and leaf applications of micronutrients on yield and fruit quality of *Citrus sinensis* Osbeck, variety Pera. In: FRAGOSO, M. A. C.; BEUSICHEM, M. L. van; HOUWERS, A. (ed.). **Optimization of plant nutrition**. Dordrecht: Springer, 1993. p. 453-456. (Developments in Plant and Soil Sciences, v. 53).

VOLPE, H. X. L.; FAZOLIN, M.; MAGNANI, R. F.; GARCIA, R. B.; MIRANDA, M. P. **Eficácia do óleo essencial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2018. 37 p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 59).

YAMAMOTO, P. T.; FELLIPE, M. R.; SANCHES, A. L.; COELHO, J. H. C.; GARBIM, L. F.; XIMENES, N. L. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, v. 4, n. 4, p. 1-9, 2009.

Capítulo 3

## Menos área cultivada, mais tecnologia na fruticultura de exportação

Uva, manga e melão

João Ricardo Ferreira de Lima  
Jony Eishi Yuri  
Maria Aparecida do Carmo Mouco  
Patrícia Coelho de Souza Leão  
Tiago Cardoso da Costa-Lima

Foto: Marco Mazucottelli (Pixabay)



O Nordeste do Brasil é um polo produtor e exportador de frutas, sendo suas principais culturas a manga, o melão e a uva. Isso é possível com o uso de irrigação e de muita tecnologia. Com a possibilidade de produzir durante todos os meses do ano, o polo abastece o mercado interno e externo, principalmente a União Europeia e os Estados Unidos. Contudo, a competição com outros países é grande e crescente a cada ano. A vantagem das frutas brasileiras é que se tem conseguido aumentar bastante a produtividade por hectare sem ser necessário aumentar as áreas dos estabelecimentos, contribuindo, assim, para poupar terra.

## Contextualização

Em 2020, segundo o Comexstat (2021), o Brasil exportou cerca de 1,03 bilhão de toneladas de frutas, quantidade a qual tem crescido a cada ano, assim como as receitas de exportação. As principais frutas exportadas pelo Brasil são mangas, melões e uvas, que, em 2020, representaram 53% do volume total de frutas exportadas pelo País. Os principais destinos da exportação são a União Europeia e os Estados Unidos; contudo, crescem as exportações para o Leste Europeu e para a Ásia.

Mangas, uvas e melões são exportados durante todos os meses do ano, pois são produzidos de forma irrigada no Semiárido brasileiro. Porém, os maiores volumes ocorrem entre os meses de agosto a dezembro para a manga, entre setembro e fevereiro para os melões e entre setembro e dezembro para as uvas.

O Brasil, por sua vez, se destaca na evolução das estratégias poupa-terra para essas três culturas, pois conta com elevado

incremento de produtividade ocasionado por adoção de diferentes tecnologias e práticas agropecuárias, mencionadas a seguir.

## Práticas poupa-terra na produção de uva

A produção de uvas de mesa para exportação no Submédio do Vale do São Francisco está concentrada em cultivares de uvas sem sementes. Nos últimos 15 anos, a principal tecnologia responsável por grandes mudanças no sistema de produção e na rentabilidade econômica da uva envolveram a genética e o melhoramento de plantas, com a introdução e rápida substituição de cultivares, como Thompson Seedless, Sugraone e Crimson Seedless por novas cultivares de uvas sem sementes públicas e privadas, desenvolvidas pela Embrapa e por empresas privadas de melhoramento genético estrangeiras. As cultivares tradicionais alcançavam produtividades médias de



Foto: Paulo Lanzetta

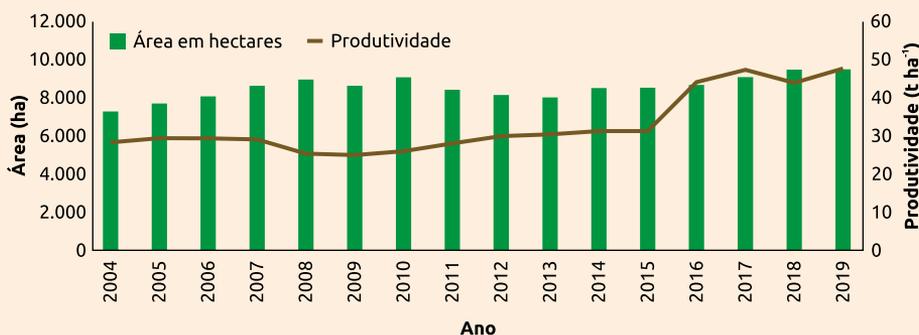
25 t ha<sup>-1</sup> com apenas uma safra anual, associadas a características negativas como baixa fertilidade de gemas, suscetibilidade a doenças e rachadura de bagas durante a colheita no período de chuvas, aumentando os riscos da atividade e elevando os custos de produção.

Por conseguinte, as cultivares de uvas sem sementes introduzidas nesta última década se caracterizam pela alta fertilidade de gemas que permitem alcançar produtividades médias de 50 t ha<sup>-1</sup>, distribuídas em duas safras anuais. Além disso, as novas cultivares agregam outras características positivas, como menor exigência em manejo da copa e dos cachos, menor utilização de reguladores de crescimento para aumentar o tamanho das bagas, e melhoria na qualidade da uva, como sabor diferenciado permitindo alcançar nichos de mercado.

Um exemplo de sucesso do melhoramento genético de videira na Embrapa foi a cultivar BRS Vitória (Maia et al., 2014), que, adaptando-se às condições tropicais semiáridas do Submédio do Vale do São Francisco, destacou-se pela alta

fertilidade de gemas e produtividades médias de 50 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a 60 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Leão; Lima, 2016). A oferta de novas cultivares como BRS Vitória consolidou o consumo de uvas sem sementes no País e reduziu os volumes importados no primeiro semestre do ano, especialmente do Chile. De janeiro a junho de 2019, foram comercializadas na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) 6,5 mil toneladas de uvas sem sementes brasileiras, enquanto as importadas foram apenas 1,1 mil toneladas (Soprana, 2019).

Desse modo, ao longo da última década, apesar da significativa substituição de cultivares de uvas de mesa importadas pelas nacionais, não houve ampliação significativa das áreas cultivadas. Os volumes produzidos na região, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), passaram de 232,8 mil toneladas em 2004 para 551,3 mil toneladas em 2019, ou seja, um incremento de quase 120%, enquanto a área cultivada, que, em 2019, foi de 10.092 ha, aumentou 30% nesse mesmo período (Figura 1).



**Figura 1.** Área e rendimento de uva cultivada no Semiárido brasileiro de 2004 a 2019.

Fonte: IBGE (2021).

O aumento de volumes produzidos em menor área cultivada foi possível pela utilização de cultivares de uvas sem sementes produtivas e adaptadas à produção de duas safras por ano que, associadas a outras tecnologias adotadas no sistema de produção, permitiram aumentar a produtividade e assegurar a qualidade da uva. Entre essas tecnologias, destaca-se a redução do espaçamento entre plantas, aumentando em até duas vezes a densidade de plantas por hectare. O adensamento de plantas foi associado com a formação da copa com braço ou cordão duplo, tipo de formação esse que se tornou comum especialmente com a cultivar BRS Vitória e com as demais cultivares da Embrapa.

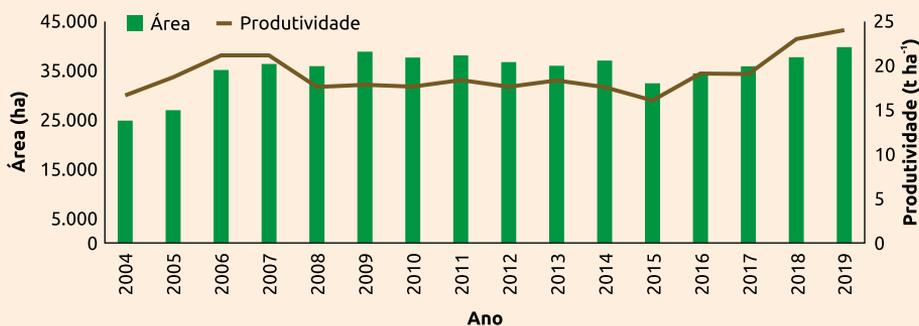
## Práticas poupa-terra na produção de manga

O cultivo da mangueira no País tem grande importância na economia, principalmente pela geração de empregos e de divisas, via receitas de exportação. No levantamento feito para avaliar o desempenho da mangicultura em 15 anos (de

2004 a 2018), na região do Semiárido, observa-se uma evolução na área cultivada em 52% e incremento no rendimento de frutos correspondente a 41%, o que permitiu aumento de 110% no volume de frutos produzidos no período, conforme pode ser observado na Figura 2.

Ao se avaliar a área total no Brasil de plantio de mangueira, houve uma redução de 3,3% de 2004 a 2019, apesar de a produção ter crescido 15%, em razão do rendimento de frutos por hectare, que teve um aumento de 19%. Nos últimos 15 anos, o incremento na produção de manga é devido principalmente ao cultivo da mangueira em áreas nas regiões Nordeste e norte de Minas, que se caracterizam pela irrigação e pela utilização de técnicas de poda para orientar a formação de plantas. Destacam-se também as altas densidades de plantio, com aumento em até 10 vezes do número de plantas por hectare ao se compararem com os primeiros plantios na região Sudeste.

Atualmente, os cultivos de mangueiras demonstram elevado nível técnico:



**Figura 2.** Evolução da área colhida e da produtividade média de manga cultivada no Semiárido brasileiro, de 2004 a 2019.

Fonte: IBGE (2021).

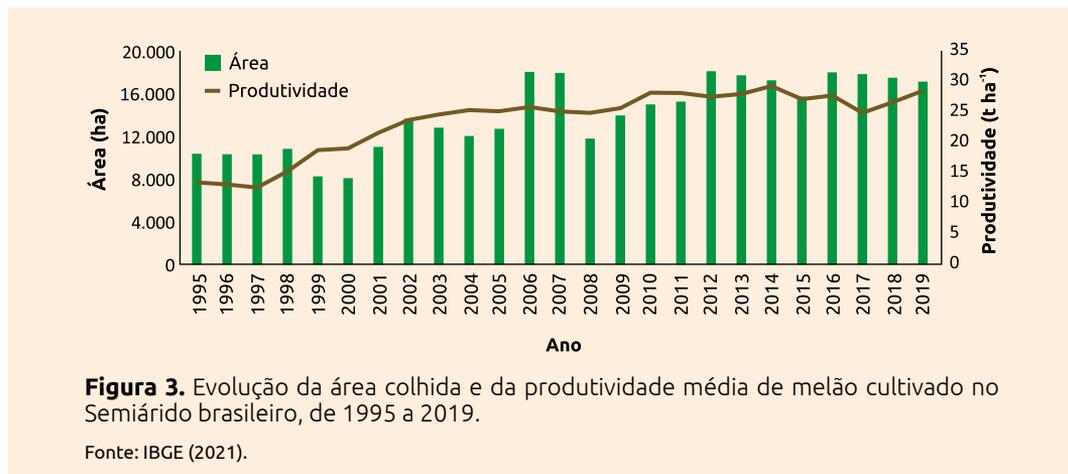
tecnologias são adotadas para manejar a floração, visando à produção em momentos adequados à comercialização; as adubações são orientadas por constante monitoramento de amostras do solo e de vegetal para repor minerais de acordo com as demandas diferenciadas para cada fase fenológica do cultivo; e o manejo fitossanitário de doenças e pragas seguem critérios de controle integrado, com adoção de produtos registrados e com menor impacto ambiental. No Semiárido brasileiro, encontram-se as áreas com mangueira responsáveis por mais de 90% da produção destinada à exportação, e onde são desenvolvidas e utilizadas tecnologias diferenciadas que permitem o sucesso do agronegócio da mangicultura no País.

## Práticas poupa-terra na produção de melão

Em 2019, de acordo com o IBGE (2021), foram colhidas 490.175 t de frutos de melão no Semiárido brasileiro. Desse montante, aproximadamente 250 mil toneladas foram exportadas, gerando uma receita de mais de 159 milhões de dólares em 2019. Em 2020, houve uma pequena queda, e a região exportou em torno de 237 mil toneladas de melão, gerando cerca 147 milhões de dólares de receita. O Rio Grande do Norte tem sido o grande produtor nacional de melão, respondendo

por mais de 50% da produção e da exportação desses frutos, seguido pelos estados do Ceará, de Pernambuco e da Bahia. Esses estados se destacam em razão das condições edafoclimáticas para o cultivo serem privilegiadas, com clima seco e temperaturas elevadas, ideais para o desenvolvimento da cultura.

Por tratar-se de uma fruta apreciada mundialmente e, portanto, com o aumento crescente da demanda ao longo dos últimos 20 anos, pode-se observar uma grande evolução tanto da área cultivada como, principalmente, da produtividade. Em meados dos anos 1990, a área ocupada com a cultura do meloeiro era de aproximadamente 10 mil hectares, e a produtividade era em torno de 14 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2021) (Figura 3). Em 2019, a produtividade cresceu mais que a área plantada: a área no Semiárido ultrapassou os 17 mil hectares, isto é, um crescimento de aproximadamente 70%, e a produtividade saltou para uma média de 29 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2021), um aumento de mais de 100%. As práticas agrícolas poupa-terra, no entanto, garantiram aumento na produtividade da fruta sem expansão da área cultivada, pois, se fosse mantida a produtividade do final dos anos 1990, atualmente, seriam necessários 33,4 mil hectares para se chegar ao volume produzido em 2018, ou seja, 19.134 ha a mais. Assim, o aumento da produtividade



acarreta uma série de benefícios, entre os quais maior renda para o produtor e maior eficiência no uso da água, de fertilizantes e de defensivos, além de, consequentemente, uma maior eficiência no uso da terra, minimizando os impactos do desmatamento de novas áreas.

De maneira geral, entre os principais fatores para o aumento da produtividade destacam-se:

- Introdução de sementes híbridas.
- Adequação no preparo de solo.
- Uso de análise de solo para recomendação de adubação.
- Utilização de sistema de irrigação localizada (gotejamento) possibilitando a fertirrigação.
- Aplicação de cobertura de solo (*mulching*).
- Uso de manta agrotêxtil na parte aérea.
- Aumento da densidade de plantio.
- Aprimoramento do manejo integrado de pragas e doenças.
- Mecanização para implementação de *mulching*, manta agrotêxtil e auxílio na colheita.
- Maior qualificação da mão de obra.
- Grande parte desses resultados são oriundos de pesquisa agropecuária do setor público e privado, que refletem no elevado aumento de produtividade das culturas.



## Perspectivas

As três culturas abordadas no capítulo (uva, manga e melão) demonstram uma tendência de continuidade de investimento em tecnologias que permitam o aumento de produtividade. Da mesma forma, destaca-se a adoção de estratégias de manejo que garantam uma maior sustentabilidade aos cultivos, a exemplo do aumento do uso do controle biológico de pragas e doenças.

## Referências

COMEXSTAT. Sistema de Estatísticas do Comércio Exterior. **Exportação e importação geral.**

Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 2 mar. 2021.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Pesquisa Produção Agrícola Municipal PAM – 2019:** tabelas. Rio de Janeiro, 2021.

Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 2 mar. 2021.

LEÃO, P. C. de S.; LIMA, M. A. C. de. **Uva de mesa sem sementes ‘BRS Vitória’:** comportamento agrônomo e qualidade dos frutos no Submédio do Vale do São Francisco. Petrolina: Embrapa

Semiárido, 2016. 6 p. (Embrapa Semiárido. Comunicado técnico, 168).

MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T. de; FAJARDO, T. V. M.; NAVES, R. de L.; GIRARDI, C. L. ‘BRS Vitória’ – a novel seedless table grape cultivar exhibiting special flavor and tolerance to downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, n. 3, p. 204-206, Oct. 2014. DOI [10.1590/1984-70332014](https://doi.org/10.1590/1984-70332014).

SOPRANA, P. Uva sem semente da Embrapa desbanca produto importado. **Folha de São Paulo**, 26 out. 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/10/uva-sem-semente-da-embrapa-desbanca-produto-importado.shtml>. Acesso em: 10 nov. 2019.

## Literatura recomendada

MOUCO, M. A. do C. (ed.). **Cultivo de mangueira.** 3. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. (Embrapa Semiárido. Sistemas de produção, 3).

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro.** Brasília, DF: Ipea, abr. 2018. 41 p. (Ipea. Textos para discussão, 2386).

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para intensificação do uso da terra. **Revista UFG**, v. 13, n. 13, p. 92-99, dez. 2012.

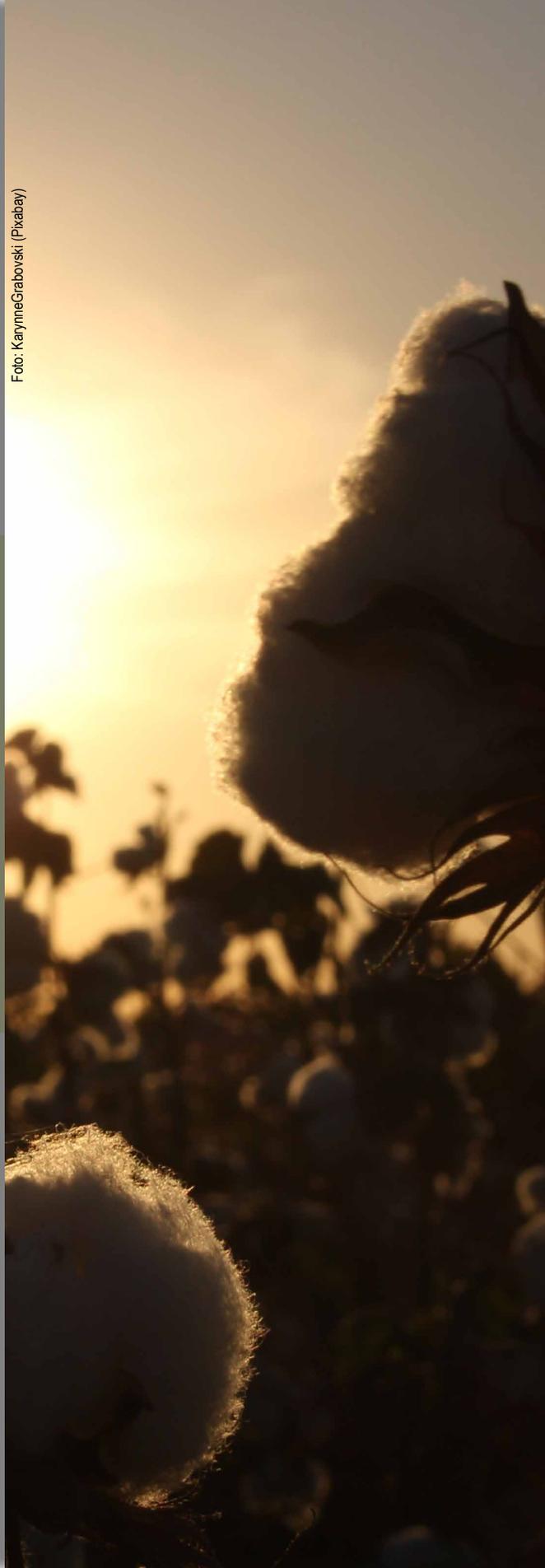


Capítulo 4

# Sustentabilidade e produtividade nos sistemas agrícolas de algodão

Liv Soares Severino

Foto: KanymeGrabovski (Pixabay)



O desenvolvimento e a adoção de tecnologias apropriadas para o cultivo de algodão em ambiente tropical resultou em um grande aumento da produtividade. Assim, verificou-se o aumento da produção com redução da área plantada. Para produzir a mesma quantidade de algodão com as produtividades da década de 1970, seria necessário cultivar 20 milhões de hectares; atualmente, para se produzir a mesma quantidade, é necessário somente 1,5 milhão de hectares, em razão da adoção de novas tecnologias e meios de produção.

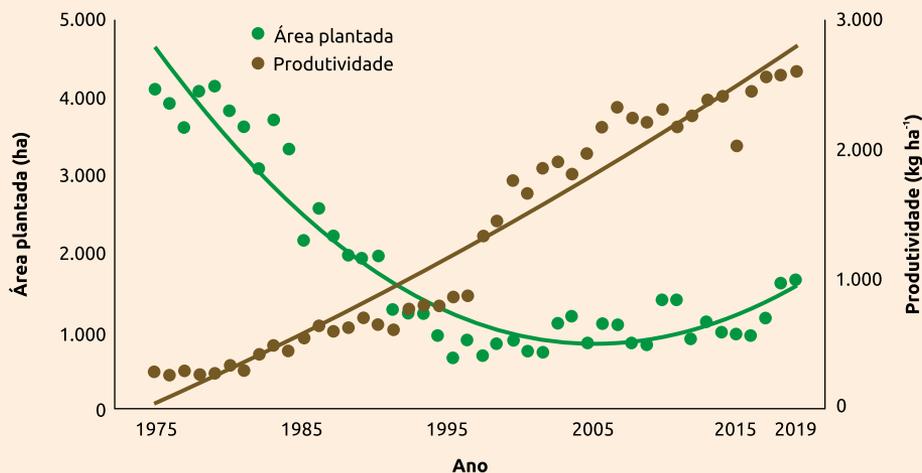
## Evolução da produtividade de algodão no Brasil

Entre 1976 e 2020, a produção de algodão aumentou de 0,6 milhão de toneladas para 2,5 milhões de toneladas de fibra, enquanto a área plantada foi reduzida de 4,1 milhões de hectares para 1,7 milhão de hectares (Figura 1).

Esse crescimento deu-se graças ao impressionante aumento na produtividade: que era de somente 140 kg ha<sup>-1</sup> de fibra na década de 1970 e aumentou para cerca de 1.730 kg ha<sup>-1</sup> na média das últimas cinco safras, ou seja, um aumento de 1.100%.

As baixas produtividades da agricultura brasileira eram recorrentes, pois utilizava-se um modelo agrícola copiado de regiões temperadas, e, portanto, inapropriado para o ambiente tropical. Como no País os problemas com doenças, pragas e plantas daninhas são muito mais vigorosos, a aplicação do modelo temperado não permitia a intensificação dos cultivos no ambiente tropical brasileiro. Assim, o aumento de produtividade da agricultura brasileira apenas ocorreu quando se conseguiu desenvolver um modelo apropriado ao ambiente tropical.

No modelo de produção em ambiente tropical desenvolvido no Brasil, a alta produtividade de algodão depende da



**Figura 1.** Dados históricos da área plantada e da produtividade de algodão no Brasil entre 1976 e 2019.

Fonte: Conab (2021).

adequada combinação de vários componentes, entre os quais se destacam: (i) as características genéticas das cultivares plantadas; (ii) o domínio da química dos solos tropicais e seu manejo; e (iii) o Sistema Plantio Direto com contínua cobertura do solo e sequência de cultivos que combinem características necessárias para o equilíbrio do sistema. Por conseguinte, em cada componente do sistema, foram empregadas tecnologias desenvolvidas ao longo de décadas de pesquisa científica.

## Melhoramento genético de cultivares de algodão

Para avaliar a produtividade e a adaptação das principais variedades de algodão nas mais diversas localidades, são realizados estudos denominados Ensaio Nacional de Cultivares, que são conduzidos em pequenas parcelas experimentais e com adoção das melhores práticas agrícolas disponíveis. A produtividade em experimentos, no entanto, é sempre maior que nas lavouras comerciais, mas, mesmo assim, são importantes para demonstrar qual é o potencial produtivo naquele momento. Dessa forma, os aumentos de produtividade ocorrem à medida que os produtores adotam as variedades que se mostraram mais produtivas e as tecnologias que foram recomendadas.

No Ensaio Nacional de Cultivares conduzido em 1978 (Freire; Moreira, 1982), enquanto a produtividade média do Brasil ainda era de 300 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, as parcelas experimentais atingiam produtividades de

1.100 kg ha<sup>-1</sup> na região semiárida do Ceará e da Bahia; e 2.300 kg ha<sup>-1</sup> nos estados de Goiás e Minas Gerais, que hoje são grandes produtores de algodão. As principais variedades de algodão da época eram IAC 18, SL 7-1, BR-1 e ALLEN 333/57, as quais atualmente são consideradas obsoletas e, então, não são mais cultivadas.

No ano de 2017, a produtividade média de algodão em caroço do Brasil foi de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, ao passo que, nos ensaios de avaliação de cultivares, as melhores variedades atingiram produtividade de 6.300 kg ha<sup>-1</sup> (Pedrosa et al., 2019). Já entre 1976 e 2017, o melhoramento genético contribuiu de forma relevante para a agricultura, desenvolvendo cultivares de algodão mais produtivas, geradas em programas de melhoramento genético diversificados, tais como Embrapa, IMAmt, Bayer, Monsanto e TMG. Suassuna et al. (2020), por sua vez, descrevem os avanços tecnológicos que foram obtidos em 30 anos de melhoramento genético do algodoeiro no Brasil e reportam produtividades de algumas variedades atingindo 7.600 kg ha<sup>-1</sup> em condições experimentais. Outro fator muito importante foi que as novas variedades de algodão foram selecionadas não somente para aumentar a produtividade, mas também para resistir a uma numerosa lista de doenças e pragas tropicais, para potencializar as características necessárias à colheita mecanizada e para melhorar a qualidade da fibra. Sem essas melhorias, não teria sido possível a intensificação dos cultivos e os aumentos de produtividade observados.



## Manejo da fertilidade do solo

Em relato do ano de 1984, o uso de fertilizantes nas lavouras de algodão do Brasil atingia, em média, somente 9% da quantidade que deveria ser utilizada, porém os resultados experimentais demonstravam que a produtividade de algodão poderia aumentar até 70% apenas pela fertilização na dose correta com nutrientes limitantes (Carvalho et al., 1984). Para os padrões da época, o aumento de produtividade era relevante, mas nos valores das referências atuais, seria considerado extremamente baixo. O documento cita um exemplo de aumento de produtividade de 410 kg ha<sup>-1</sup> para 625 kg ha<sup>-1</sup> de algodão com o fornecimento de 75 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Carvalho et al., 1984).

O conhecimento para manejo da fertilidade do solo tropical para lavouras de algodão de alta produtividade foi sendo construído passo a passo ao longo de décadas. Os solos do Cerrado, onde ocorreu a expansão da produção de algodão, eram extremamente pobres em fósforo e muito ácidos. Os estudos, entretanto, foram demonstrando os efeitos da correção da acidez sobre a produtividade (Amedee; Peech, 1976), aperfeiçoando os métodos de medição da acidez e do fósforo e introduzindo outras características da química do solo que precisavam ser consideradas (Quaggio et al., 1985; Montgomery, 1988; Pereira et al., 1989). Ao mesmo tempo, foi se estruturando uma ampla rede de laboratórios para análise da fertilidade do solo, o que possibilitou que o número

de análises de solo feitas no Brasil triplicasse entre 1972 e 1989 (Raij et al., 1994). As doses de fertilizantes foram otimizadas para as condições de cultivo do Cerrado e para as variedades modernas de algodão (Borin et al., 2017).

Os relatos mais atualizados demonstram claramente que as tecnologias para manejo da fertilidade do solo no Cerrado foram capazes de superar os principais desafios tecnológicos que havia nos primórdios do desenvolvimento desse sistema de produção. As maiores produtividades de algodão no estado de Mato Grosso são obtidas em solos que adotam sistemas conservacionistas para mantê-los com alto teor de matéria orgânica (Santos et al., 2020). Os solos, que inicialmente tinham acidez extrema, estão todos dentro de uma faixa próxima da neutralidade (pH médio de 6,03 nas áreas cultivadas com algodão). Dessa forma, são relatados picos de produtividade, atingindo  $6.255 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço em lavouras comerciais nas áreas com manejo mais eficiente, o que demonstra que ainda há significativo espaço para aumento da produtividade (Santos et al., 2020).

## Sistema Plantio Direto

O modelo de agricultura predominante no Brasil anteriormente havia sido copiado da Europa e Estados Unidos, com algumas poucas adaptações. Por sua vez, dois elementos desse modelo se mostraram inadequados para a agricultura tropical: a prática de revolvimento do solo antes do plantio (aração e gradagem) e o plantio de uma espécie na mesma área

por vários anos (monocultivo). O revolvimento do solo é uma prática amplamente adotada em regiões frias para destruir as plantas daninhas e para apressar o aquecimento do solo, favorecendo assim a germinação das sementes. No entanto, nos solos tropicais, essa prática induz a uma rápida degradação, causando consequências, como redução da matéria orgânica, formação de uma camada compactada que impede o crescimento das raízes, o escoamento da água ao invés da infiltração e a intensa erosão (perda de solo), além de aumentar a incidência de plantas daninhas (Lal, 2015).

Na década de 1970, os estados do Ceará e do Paraná eram dois polos de produção de algodão no Brasil. Em 1976, consultaram-se as recomendações técnicas recebidas pelos produtores de algodão daqueles dois estados (Sistemas..., 1976a, 1976b), e observou-se que não havia sugestões sobre a importância da rotação de culturas ou da matéria orgânica do solo, e se fazia forte incentivo às práticas tradicionais de aração e gradagem do solo. A meta de produtividade de algodão no Paraná era de  $1.750 \text{ kg ha}^{-1}$  para produtores que dispunham de mecanização e de  $1.560 \text{ kg ha}^{-1}$  para os produtores que utilizavam apenas tração animal (Sistemas..., 1976b). Para o Ceará, a meta era a produtividade de  $1.200 \text{ kg ha}^{-1}$  junto aos produtores de maior nível tecnológico e de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  para os produtores de baixo nível tecnológico (Sistemas..., 1976a). Salienta-se que, em ambos os estados, as metas lançadas eram desafiadoras, pois a produtividade média nacional em 1976 era de somente  $430 \text{ kg ha}^{-1}$  de

algodão em caroço (Conab, 2021). Para conservar os solos, aplicava-se apenas técnicas como plantio em curvas de nível e construção de terraços, sem questionar a pesada movimentação do solo ou a cobertura do solo.

No modelo agrícola predominante na região Semiárida, havia um pouco de diversificação devido ao eventual consórcio do algodão com culturas alimentares (feijão-caupi e milho) e com a bovinocultura, também considerada um elemento de diversificação (Moreira et al., 1989). Esse sistema de cultivo manteve-se viável por muitas décadas, possivelmente por não incluir o revolvimento do solo, mas tinha produtividades muito baixas, já que não incluía aporte de nutrientes, avanços genéticos e mecanização.

Quando a agricultura brasileira começou a se expandir com base em monoculturas (pouca diversidade) e intensa manipulação do solo, por um lado, houve sucesso no aumento da produtividade, mas, por outro, foi se constatando que os solos se degradavam rapidamente, com aumento da erosão, formação de camada compactada, redução dos nutrientes e vários outros problemas (Hernani; Fabricio, 1999), o que também estava sendo observado em outras regiões de agricultura intensiva no mundo (Lal, 2015). A partir dessas constatações, iniciou-se o desenvolvimento de um novo modelo de produção agrícola que, no lugar do revolvimento do solo, aplicou o aumento da sua cobertura com palha, evitando a erosão. Assim, conforme as evidências científicas dos benefícios variados das práticas conservacionistas foram se acumulando, essas

foram sendo aceitas e adotadas por parte dos produtores (Wiles; Hayward, 1981; Seguy; Bouzinac, 1998; Seguy et al., 1999; Balota et al., 2004; Loss et al., 2012; Souza et al., 2018).

O conjunto de tecnologias que se convencionou chamar de Sistema Plantio Direto (há muitas variações de nomes e formas de adoção) tem três principais características: o não revolvimento do solo, a contínua cobertura do solo com restos vegetais e a rotação de culturas. O desafio científico de desenvolver as técnicas agrícolas que permitem o efetivo funcionamento desse sistema, entretanto, ainda está em andamento. Mas, justifica-se sua larga adoção em razão de suas vantagens econômicas e ambientais. Demonstrou-se que a matéria orgânica do solo e as reservas de importantes nutrientes não se exaurem com a intensificação do cultivo quando o sistema inclui a rotação com uma espécie (milho ou algum capim) capaz de produzir grande quantidade de palha (Lammel et al., 2017). A cobertura do solo também presta o importante serviço de inibir as plantas daninhas e, conseqüentemente, reduzir o uso de herbicidas (Ferreira et al., 2018).

Em um estudo com 9 anos de duração, Ferreira et al. (2020) confirmaram que a adição de uma cultura para produção de palha na sequência de culturas em rotação não apenas melhorou a produtividade do sistema, mas também aumentou a matéria orgânica do solo, níveis esses de aumento do carbono no solo que ajudam a mitigar o efeito estufa. Atualmente, os sistemas de produção de algodão do estado de Mato

Grosso incluem rotação em áreas relevantes com uma extensa lista de culturas: milheto (*Pennisetum glaucum*), soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), caupi (*Vigna unguiculata*), crotalária (*Crotalaria* spp.) e braquiária (*Brachiaria* spp.) (Santos et al., 2020). Confirmou-se, portanto, que as produtividades de algodão foram muito maiores nos sistemas que incluem rotação de culturas e cobertura do solo.

O Sistema Plantio Direto teve um outro importante benefício para o aumento da produtividade: não revolver o solo evita a evaporação e perda de parte da água acumulada no solo, além de evitar as operações de aração e gradagem, que demoram vários dias. Dessa forma, o plantio pode ser feito imediatamente após o início das chuvas ou da colheita antecessora, pois o solo permanece continuamente sob cultivo e tem melhor eficiência de aproveitamento da água. Esses detalhes são fundamentais para o plantio de dois cultivos na mesma estação chuvosa. Ressalta-se aqui que os ganhos de produtividade discutidos

neste documento consideram somente os números isolados da cultura do algodão, isto é, se for considerado o aumento de produtividade do sistema, seriam demonstrados ganhos muito maiores.

## Sustentabilidade da cadeia produtiva do algodão no Brasil

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de algodão e o segundo maior exportador dessa fibra. A estimativa para a safra a ser colhida em 2021 é de 1,4 milhão de hectares, com produção de 2,5 milhões de toneladas de pluma e uma produtividade média de 1.743 kg ha<sup>-1</sup> de pluma.

O Brasil possui a maior produtividade mundial de algodão em sequeiro. Dessa forma, com esta alta produtividade, a produção de algodão no Brasil pode se expandir ainda mais com a exploração de uma área reduzida, minimizando o impacto ambiental da atividade.



Adicionalmente, os agricultores brasileiros seguem uma legislação ambiental avançada, por meio da qual preservam grande parte de suas propriedades como áreas de reserva legal e de preservação ambiental, incluindo margens de rios, nascentes e montanhas.

Cerca de 80% da produção de algodão no Brasil é certificada pelos programas Algodão Brasileiro Responsável e Better Cotton Initiative (BCI), os quais atestam que a produção é feita respeitando critérios ambientais, sociais e econômicos. Para conseguir essa certificação, os produtores precisam atender a diversas exigências, tais como preservar nascentes e margens de rios, conservar o solo e a biodiversidade, seguir rigorosamente a legislação trabalhista e as convenções internacionais de proteção aos trabalhadores (não utilizar trabalho infantil nem escravo, prover condições de trabalho dignas e sem qualquer discriminação, etc.) e respeitar contratos. Essa certificação abre as portas do produto brasileiro para mercados exigentes em critérios de preservação do meio ambiente e da sociedade. Embora a produção de algodão

do Brasil represente apenas 10% da produção mundial, ela corresponde a 30% da oferta mundial de algodão certificado pelo BCI.

## Estratégias e tecnologias poupa-terra na produção de algodão no Brasil

As cultivares de algodão plantadas no Brasil passaram por um longo e rigoroso processo de melhoramento genético para selecionar variedades resistentes a uma ampla lista de pragas e doenças (bactérias, fungos, vírus e nematoides). Essa resistência genética permite, por exemplo, reduzir as quantidades de inseticidas para controle do inseto pulgão (o qual transmite viroses para as quais algumas variedades já se tornaram resistentes, como a doença azul e o mosaico da nervura), dispensa o uso de produtos para o controle da bactéria causadora da mancha-angular e de fungicidas para o controle da mancha de alternária e reduz o seu uso no manejo da doença ramulária. A resistência genética ao nematoide-das-galhas também é uma conquista considerável na superação de problemas fitossanitários no cultivo de algodão.

Ademais, a produção de algodão no Brasil se insere em um sistema de rotação de culturas que inclui soja e milho. Existe uma área significativa em que esse sistema evoluiu para também inserir muitas outras espécies, tais como capim-braquiária, bovinos, milheto, sorgo e várias outras culturas em rotação (feijões e *pulse crops*, amendoim, trigo, gergelim, grão-de-bico, mamona, crotalária, etc.).

Foto: Fabiano Pierina



Essa alta biodiversidade é um dos pilares para a sustentabilidade da agricultura tropical, propiciando maior eficiência de aproveitamento dos fertilizantes, melhoria no manejo de plantas daninhas e redução da incidência de pragas e doenças. Estudos demonstraram que, somente com a escolha adequada das plantas de cobertura, a produtividade da lavoura aumentou 14%, além de propiciar outros grandes benefícios ambientais, como proteção do solo, melhor eficiência de aproveitamento da água da chuva e redução da população de nematoides (Ferreira et al., 2020).

Além de todos os benefícios citados, o sistema de produção adotado no Brasil também contribui significativamente no combate às mudanças climáticas. Por exemplo, na 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21 - Paris, 2015) foi lançada a proposta "4 por mil"<sup>1</sup> que consiste em aumentar, nos solos cultivados do planeta, o teor de carbono orgânico à taxa de 0,4% ao ano, e, ao longo de algumas décadas, compensar grande parte do carbono que é lançado à atmosfera por outros meios. Estudos de longo prazo conduzidos pela Embrapa dão sustentação científica à proposta 4p1000 e demonstram como sua implantação é viável no Brasil. O estudo foi conduzido continuamente por 9 anos, comparando diferentes formas de manejo do solo e rotação de culturas, com a inclusão de gramíneas para a produção de palha, e seus efeitos sobre a produtividade do

algodão e o acúmulo de carbono no solo, entre outras características importantes.

Os resultados comprovaram que o Sistema Plantio Direto do algodoeiro, integrado ao esquema de rotação com milho, soja e capim-braquiária *ruziziensis*, aumentou em 58% o teor de carbono orgânico do solo de Cerrado, na camada até 5 cm de profundidade, quando comparado com o monocultivo de algodão com preparo do solo de forma convencional, no qual não houve aumento do teor de matéria orgânica. Considerando a profundidade de 40 cm, que é a sugestão da proposta 4p1000, o aumento do teor de carbono em 9 anos foi de 17%, taxa 4 vezes maior que a preconizada na proposta apresentada na COP21.

Vale destacar que esse sequestro de carbono é atingido ao mesmo tempo em que a produtividade aumenta (158 kg ha<sup>-1</sup> a mais de fibra a cada ano). Além disso, o produtor de algodão tem vários outros benefícios, como a melhor retenção de água e nutrientes, além de maior estabilidade e resiliência da produção quando ocorrem períodos sem chuvas. Este é mais um exemplo com embasamento científico da contribuição que a agricultura brasileira pode oferecer ao grande desafio de mitigação do aquecimento global, e subsidia o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

Dessa forma, variadas tecnologias mais amigáveis ao meio ambiente estão

<sup>1</sup> Disponível em: [www.4p1000.org](http://www.4p1000.org)

sendo adotadas pelos produtores de algodão do Brasil, com destaque para o uso de diversas formas de controle biológico, tais como vírus para controle da praga *Helicoverpa armígera*, fungos (*Thricoderma* e *Pochonia*) para controle de nematoides e vespas (*Thricograma*) para controle de lagartas. Estão avançando os estudos para o controle biológico da principal praga do algodoeiro no Brasil (bicudo, *Anthonomus grandis*) utilizando insetos e fungos.

## Perspectivas

A cultura do algodão no Brasil passou por uma intensa transformação ao longo de 4 décadas, o que resultou em uma produtividade que saltou de 140 kg ha<sup>-1</sup> para 1.730 kg ha<sup>-1</sup> de fibra. Essa mudança, por sua vez, poupa, a cada ano, a exploração de 18,5 milhões de hectares de terra, considerando que a atual produção de pluma exigiria o cultivo de 20 milhões de hectares se fosse mantida a produtividade da década de 1970.

Diante do exposto, tudo indica que ainda há espaço para significativo aumento de produtividade para os próximos anos, haja vista o potencial genético que as cultivares modernas demonstram em parcelas experimentais e os relatos eventuais de lavouras que alcançam produtividades muito acima da média nacional. Os avanços científicos em diversas áreas do conhecimento agrônomo são, portanto, indícios de que o Brasil será capaz de manter o aumento da sua produção de algodão sem exigir expansão da área cultivada.

## Referências

- AMEDEE, G.; PEECH, M. Liming of highly weathered soils of the humid tropics. **Soil Science**, v. 121, n. 5, p. 259-266, May 1976. DOI [10.1097/00010694-197605000-00001](https://doi.org/10.1097/00010694-197605000-00001).
- BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 4, p. 300-306, Oct./Dec. 2004. DOI [10.1590/S1517-83822004000300006](https://doi.org/10.1590/S1517-83822004000300006).
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. de B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. C. S.; MORAES, M. C. G. Yield of cotton as a second crop in narrow planting in response to nitrogen and potassium fertilization. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 622-630, Nov./Dec. 2017. DOI [10.1590/0034-737X201764060009](https://doi.org/10.1590/0034-737X201764060009).
- CARVALHO, O. S. de; BEZERRA, J. E. S.; CAMPOS, T. G. da S. **Adubação do algodoeiro herbáceo**. Campo Grande: Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, 1984. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 30). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33265/1/ADUBACAO-DO-ALGODOEIRO.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.
- CONAB (Brasil). Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2021.
- FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; LAMAS, F. M.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. A. S.; FILHO, J. L. S.; STAUT, L. A. Soil carbon accumulation in cotton production systems in the Brazilian Cerrado. **Acta Scientiarum: agronomy**, v. 42, e43039, Jan./Dec. 2020. DOI [10.4025/actasciagron.v42i1.43039](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43039).
- FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; BOGIANI, J. C.; LAMAS, F. M. Suppressing effects on weeds and dry matter yields of cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 5, p. 566-574, May 2018. DOI [10.1590/S0100-204X2018000500005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500005).
- FREIRE, E. C.; MOREIRA, J. A. N. **Ensaio nacional de variedades de algodoeiro herbáceo. II. 1978/79**. Campina Grande: Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, jul. 1982. 63 p. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de pesquisa, 9). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/262922/ensaio-nacional-de-variedades-de-algodoeiro-herbaceo-ii-197879>. Acesso em: 23 fev. 2021.

HERNANI, L. C.; FABRICIO, A. C. **Perdas de água e solo por erosão**: dez anos de pesquisa. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 12 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção sistema plantio direto, 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39703/1/Colecaospd1.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

LAL, R. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 3, p. 55A-62A, 2015. DOI [10.2489/jswc.70.3.55A](https://doi.org/10.2489/jswc.70.3.55A).

LAMMEL, D. R.; BUTTERBACH-BAHL, K.; CERRI, C. E. P.; LOUIS, S.; SCHNITZLER, J.-P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. C and N stocks are not impacted by land use change from Brazilian Savanna (Cerrado) to agriculture despite changes in soil fertility and microbial abundances. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 4, p. 436-445, 2017. DOI [10.1002/jpln.201600614](https://doi.org/10.1002/jpln.201600614).

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; COUTINHO, F. S.; DOS ANJOS, L. H. C. dos. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 50, n. 8, p. 685-693, 2012. DOI [10.1071/SR12196](https://doi.org/10.1071/SR12196).

MONTGOMERY, R. F. Some characteristics of moist savanna soils and constraints on development with particular reference to Brazil and Nigeria. **Journal of Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 11-18, 1988. DOI [10.2307/2845041](https://doi.org/10.2307/2845041).

MOREIRA, J. de A. N.; FREIRE, E. C.; SANTOS, R. F. dos; BARREIRO NETO, M. **Algodoeiro mocó**: uma lavoura ameaçada de extinção. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1989. 20 p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 36). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33268/1/ALGODOEIRO-MOCO.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

PEDROSA, M. B.; FREIRE, E. C.; FRIEDRICH, M. E.; MORELLO, C. de L.; SUASSUNA, N. D.; ALENCAR, A. R. de; OLIVEIRA, E. R. de; JESUS, T. S. De. Avaliação de cultivares de algodoeiro no cerrado da Bahia, safra 2016/17. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 12., 2019, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Abrapa, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209582/1/Avaliacao-cultivares-cerrado.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

PEREIRA, Z. M. R.; SALCEDO, I. H.; TIESSEN, H. C. Effects of calcium carbonate and of ammonium phosphate additions on electrochemical properties and potassium retention of two Brazilian soils. **Soil Science**, v. 147, n. 1, p. 64-70, Jan. 1989. DOI [10.1097/00010694-198901000-00010](https://doi.org/10.1097/00010694-198901000-00010).

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, n. 3, p. 245-260, 1985. DOI [10.1080/00103628509367600](https://doi.org/10.1080/00103628509367600).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; PROCHNOW, L. I.; VITTI, G. C.; PEREIRA, H. S. Soil testing and plant analysis in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 7-8, p. 739-751, 1994. DOI [10.1080/00103629409369077](https://doi.org/10.1080/00103629409369077).

SANTOS, A. dos; MATOS, E. da S.; FREDDI, O. da S.; GALBIERI, R.; LAL, R. Cotton production systems in the Brazilian Cerrado: the impact of soil attributes on field-scale yield. **European Journal of Agronomy**, v. 118, 126090, Aug. 2020. DOI [10.1016/j.eja.2020.126090](https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126090).

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. Brazilian frontier agriculture. **Agriculture et Développement**, p. 2-61, 1998. Special Issue.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, N.; IDE, M. A.; TRENTINI, A. Controlling *Cyperus rotundus* by direct seeding in cotton crops in Brazil. **Agriculture et Développement**, v. 21, p. 87-97, 1999.

SISTEMAS de produção para algodão herbáceo: Litoral, Baixo Jaguaribe, Salgado, Baturite e Cariri. Fortaleza: Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, jul. 1976a. 36 p. (EMBRAPA. Sistemas de produção. Boletim, 6). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44215/1/ANCARCE-DOCUMENTOS-06-SISTEMA-DE-PRODUCAO-PARA-ALGODAO-HERBACEO-CEARA-CDU-633-511-.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

SISTEMAS de produção para algodão: região do Noroeste – microregiões: 16 – 18 – 19. Umuarama: Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, ago. 1976b. 56 p. (EMBRAPA. Série

sistemas de produção. Boletim, 36). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44477/1/SID-DOCUMENTOS-1-SISTEMAS-DE-PRODUCAO-PARA-ALGODAO-.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

SOUZA, L. H. C.; MATOS, E. da S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; TORRE, É. R. de la; LAMAS, F. M.; LAL, R. Soil carbon and nitrogen stocks and physical properties under no-till and conventional tillage cotton-based systems in the Brazilian Cerrado. **Land Degradation and Development**, v. 29, n. 10, p. 3405-3412, 2018. DOI [10.1002/ldr.3105](https://doi.org/10.1002/ldr.3105).

SUASSUNA, N. D.; MORELLO, C. de L.; SILVA FILHO, J. L. da; PEDROSA, M. B.; PERINA, F. J.; MAGALHÃES, F. O. da C.; SOFIATTI, V.; LAMAS, F. M. BRS 372 and BRS 416: high-yielding cotton cultivars with multiple disease resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 1, e27242016, Mar. 2020. DOI [10.1590/1984-70332020v20n1c6](https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n1c6).

WILES, T. L.; HAYWARD, D. M. The principles and practice of weed control for no-tillage soybean in Southern Brazil using the bipyrindyl herbicides. **Tropical Pest Management**, v. 27, n. 3, p. 388-400, 1981. DOI [10.1080/09670878109413810](https://doi.org/10.1080/09670878109413810).

Capítulo 5

## Cafés do Brasil

Pesquisa,  
sustentabilidade  
e inovação

Antonio Fernando Guerra  
Jamilsen de Freitas Santos  
Lucas Tadeu Ferreira  
Omar Cruz Rocha

Foto: Alexandra (Pixabay)



O empenho inovador de cafeicultores, por meio da adoção de boas práticas e tecnologias desenvolvidas por instituições de ensino, pesquisa e extensão, notadamente aquelas integrantes do Consórcio Pesquisa Café<sup>1</sup>, coordenado pela Embrapa Café, contribuiu para a performance altamente positiva dos Cafés do Brasil, que, entre outros destaques, triplicou seu volume de produção com redução de 20% da respectiva área, ou seja, aproximadamente 500 mil hectares, que equivalem a quase duas vezes a área de Luxemburgo. Esse desempenho reforçou a liderança brasileira na cafeicultura mundial, em consonância com os aspectos econômico, social e ambiental da sustentabilidade.

## Dados do setor cafeeiro e conjuntura atual

O Brasil tem-se notabilizado como o maior produtor, exportador e segundo maior consumidor de café em âmbito mundial, há várias décadas. O País possui aproximadamente 264 mil estabelecimentos produtores de café, dos quais 78% são considerados da cafeicultura familiar

(IBGE, 2019). As lavouras produtoras de café estão presentes nas cinco regiões geográficas, em 16 estados da Federação, nos quais existem 1.448 municípios que produzem café, o que corresponde a aproximadamente 26% dos municípios brasileiros. A produção brasileira, em 2020, correspondeu a 2,162 milhões de hectares, área que inclui as espécies arábica e conilon. Desse total, 276 mil hectares (13%) estão em formação e 1,885 milhão de hectares (87%) em produção (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Café, 2021). Assim, a produção de café foi de 63,08 milhões de sacas de 60 kg em 2020, com produtividade média de 33,48 sacas por hectare, o que aponta aumento de 20% da produção com relação ao ano anterior em decorrência, principalmente, da bienalidade do café arábica, fenômeno fisiológico do cafeeiro que alterna maior produção numa safra com menor na seguinte. Em 2019, o volume de café produzido no Brasil foi de 49,31 milhões de sacas, com produtividade média de 27,20 sacas por hectare (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Café, 2019).

Como o Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, foi criado há pouco mais de 20 anos, se for estabelecida uma comparação dos dados de 1997 com os da cafeicultura brasileira de 2020, verifica-se a seguinte evolução do setor cafeeiro brasileiro de 1997 a 2020: a área produtiva era de 2,4 milhões de hectares e a produção de 18,9 milhões de sacas de 60 kg, com produtividade de 8,0 sacas ha<sup>-1</sup>, em 1997, de acordo com o Informe Estatístico do Café, Brasil (2013). Com base nos números

<sup>1</sup> O Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café), nome síntese Consórcio Pesquisa Café, foi criado por meio do Termo de Constituição (Brasil, 1997) cujo Conselho Diretor é constituído pelos dirigentes máximos das seguintes instituições: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig); Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar); Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio); Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb); Universidade Federal de Lavras (Ufla); e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

apresentados, constata-se que, passados 23 anos, a produção triplicou com a redução de mais de 20% da respectiva área, o que corresponde a aproximadamente 500 mil hectares, em média. Tal área, em termos comparativos, equivale a quase duas vezes a área de Luxemburgo. Além disso, destaca-se que o Valor Bruto da Produção (VBP) do café, que foi de R\$ 20,3 bilhões em 1997, atingiu R\$ 36 bilhões em 2020 (Embrapa, 2021).

Em âmbito mundial, de acordo com a Organização Internacional do Café (OIC), em 1997, a produção foi de 99,9 milhões de sacas de 60 kg, e o Brasil participou com 19% desse mercado (Organização Internacional do Café, 2021). Em 2020, como a produção mundial foi de 171 milhões de sacas e a brasileira de 63,1 milhões de sacas, nossa participação no mercado mundial subiu para quase 37%, com redução de aproximadamente 20% da área de cultivo. Em 1997, o Brasil exportou 16,7 milhões de sacas e, em 2020, o País contabilizou 44,5 milhões de sacas exportadas (Conselho dos Exportadores de Café do Brasil, 2020). Com relação ao consumo interno brasileiro nesse mesmo período, nosso país passou de 11,5 milhões de sacas para 21 milhões de sacas, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Café (2021). Tais números são ilustrados na Figura 1.

Para implementar o Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (PNP&D/Café), instituído em 1997 pelo (ex) Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), foi criado o

Consórcio Pesquisa Café, o qual passou a ser coordenado pela Embrapa Café em 1999, com o objetivo de formular, propor, coordenar e orientar estratégias e ações de geração, desenvolvimento e transferência de tecnologia de café, bem como promover e apoiar atividades de pesquisa e desenvolvimento e inovação a serem desenvolvidas por Unidades Descentralizadas da Embrapa, organizações integrantes do Consórcio Pesquisa Café e outras do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA).



**Figura 1.** Evolução do setor cafeeiro brasileiro, nos anos 1997, 2019 e 2020.

Nesse contexto, várias tecnologias desenvolvidas no âmbito do consórcio permitiram, ao longo das últimas 2 décadas, aumentar a produção dos Cafés do Brasil com a redução da área ocupada com o cultivo de café. Como o Brasil é o quinto maior país do planeta, com uma área total de 851,57 milhões de hectares, essa dimensão territorial permite-lhe que explore sua área com pastagens, cultivo de lavouras e florestas plantadas em 255,47 milhões de hectares, o equivalente a 30% do território nacional. E, ainda, mantenha um alto índice de preservação ambiental, uma vez que o total da área com florestas preservadas no Brasil é de 562,03 milhões de hectares, ou seja, 66% do total de seu território, segundo Miranda (2017). No caso específico da cafeicultura, a área em produção corresponde a 1,88 milhão de hectares, número que representa apenas 0,73% da citada área explorada em 2019, dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) analisados por estudo da Embrapa Gestão Territorial (Miranda, 2017).

A despeito de a área ocupada pelas lavouras de café ser pouco significativa em relação à área explorada com atividades agrícolas, os Cafés do Brasil contribuem expressivamente para o agronegócio brasileiro tanto no aspecto econômico quanto social. Além disso, é possível verificar que a área ocupada pela cafeicultura brasileira teve redução de aproximadamente 17% nas últimas 2 décadas. Ainda assim, nos últimos 20 anos (2001–2020), o volume produzido de café teve acréscimo de aproximadamente 200% em decorrência de aumento da produtividade das lavouras, conforme demonstrado nos números apresentados anteriormente (Brasil, 2013; Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Café, 2021).

## Tecnologias e seu efeito poupa-terra

O aumento verificado na produção e produtividade que possibilitou o incremento da safra dos Cafés do Brasil, mesmo com

redução de área ocupada pelas lavouras, pode ser atribuído principalmente às tecnologias desenvolvidas por instituições de ensino, pesquisa e extensão, notadamente aquelas integrantes do Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, e, também, pela adoção dessas tecnologias e boas práticas agrícolas pelos cafeicultores. Nesse contexto, valem-se destacar algumas inovações tecnológicas, inclusive o sequenciamento do genoma do café, que muito contribuíram para essa trajetória da cafeicultura brasileira nas 2 últimas décadas.

## Sequenciamento do genoma do café

O Projeto Genoma Café, iniciado em 2002, no âmbito do Consórcio Pesquisa Café, sequenciou mais de 33 mil genes da planta. Dessa forma, grande parte das sequências obtidas foi depositada em um banco de dados internacional de informações biotecnológicas, o National Center for Biotechnology Information (NCBI)<sup>2</sup>. Nesse banco de dados, serão disponibilizadas as sequências dos genes que foram expressos – Expressed Sequence Tags (EST) – nos tecidos retirados do café, nas suas fases de desenvolvimento ou no momento em que esses tecidos respondiam aos estresses bióticos ou abióticos. Por meio desses genes EST, é possível remontar a molécula de RNA, ou seja, a cópia do DNA (cDNA) da planta que se expressa no momento dos estresses. O genoma do café não é importante, apenas, para as pesquisas

com o melhoramento da planta, mas também para o desenvolvimento de novas tecnologias de manejo da lavoura, pois é possível saber se a planta tem ou não resistência a certo fator químico ou biológico e saber qual o momento certo de fornecer fertilizantes para otimizar o desenvolvimento dos cafeeiros, além de outras informações. Vejamos, a seguir, um relato sucinto dos principais avanços das pesquisas com o genoma do café desenvolvido pelo Consórcio Pesquisa Café: mais de 33 mil genes de expressão identificados (citados anteriormente); plataforma para diversos estudos (*Coffea arabica*): qualidade – aroma, sabor, corpo, acidez e outras características desejáveis; estresse abiótico: tolerância à seca e a temperaturas elevadas; estresse biótico: ferrugem, bicho-mineiro, nematoides e cercosporiose, entre outros. Além disso, a genômica do café permitiu ainda desenvolver programas de melhoramento genético com uso de genotipagem em escala genômica, com o objetivo de prever o potencial da planta no campo no início de seu desenvolvimento, com as seguintes vantagens: redução de custo; redução de tempo para se gerar novas cultivares/variedades; maior eficiência no desenvolvimento da cafeicultura brasileira, sem necessidade de incorporação de novas áreas para manutenção da produção nacional de café.

## Cultivares mais produtivas

O desenvolvimento permanente de cultivares de cafeeiros que tenham vários atributos positivos de interesse dos produtores rurais e do mercado, entre os quais, maior produtividade, tolerância e

<sup>2</sup> Disponível em: [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov).

resistência a pragas e doenças, e que gerem grãos de alta qualidade e sejam mais adaptados às condições climáticas das diferentes regiões cafeeiras do País, tem sido uma tarefa exitosa e incansável dos diferentes programas de melhoramento genético desenvolvidos pelas instituições que pesquisam café há várias décadas no Brasil. Nesse sentido, como exemplo, podem ser citadas diversas cultivares superiores desenvolvidas por instituições do Consórcio Pesquisa Café, portadoras desses atributos positivos, tais como: IAC Catuaí SH3, IAC Obatã 4739, IAC 125 RN, MGS Epamig Ametista, MGS Epamig 1194, IAPAR IPR 106, IAPAR IPR 107, Acauã, Bemtevi, Aranãs, Asabranca, Siriema AS 1, Arara, Siriema VC4, IAPAR IPR 103, Araponga MG, Catiguá MG 1 e MG 2, Paraíso MG H 419-1, Marilândia ES 8143, Conilon BRS Ouro Preto, Jequitibá Incaper 8122, Diamante Incaper 8112 e Centenária Incaper 8132. Esses genótipos apresentam alta rusticidade, e demandam menor uso de insumos, notadamente, defensivos agrícolas na condução das lavouras e redução de perdas significativas

de produtividade devido às intempéries climáticas sazonais. Dessa forma, esse avanço tecnológico possibilitou o desenvolvimento de genótipos mais produtivos, o que permite a redução de área de lavouras para o mesmo volume de produção.

### Plantio do cafeeiro em sistema de produção em renque com maior população de plantas

Pesquisas com diferentes arranjos de plantas por hectare, posicionamento e disposição de plantas na cova, bem como número de hastes ortotrópicas, foram fundamentais para o estabelecimento do plantio em renque. Esse sistema permitiu maximizar a eficiência produtiva das plantas, pois anteriormente a grande maioria das áreas de cafezais utilizavam espaçamento do tipo quadrado, na base de aproximadamente 3 m x 3 m, com plantio de 3 a 4 mudas por cova e menos de 800 covas por hectare. Nas últimas décadas, verificou-se que, com as novas cultivares disponibilizadas, é possível reduzir mais a distância entre plantas na linha, para 0,5 m a 0,7 m, com aumentos significativos de produtividade, especialmente nas safras iniciais. Assim, atualmente, o sistema de produção compreende stand variável com 6.300 a 8.000 plantas por hectare. Vale ressaltar que esse sistema de plantio em renque reduz a produção anual por planta, porém, aumenta a produção por unidade de área, o que contribui para um menor efeito da bienalidade de produção das lavouras e promove a estabilidade da produção brasileira.



## Adequação da fertilidade e nutrição do cafeeiro

Pesquisas realizadas pelo consórcio sobre a dosagem dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento do cafeeiro – nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu) – demonstraram que tais produtos são essenciais para o incremento da produtividade da lavoura (Ribeiro et al., 1999; Guerra et al., 2005; Prezotti et al., 2007). Com os avanços obtidos, é possível suprir as necessidades da planta de acordo com o estado fenológico da cultura no campo: floração e expansão dos frutos, granação dos frutos e maturação dos frutos. O manejo da fertilidade do solo está estreitamente relacionado com a produtividade das plantas, desde que os demais fatores de produção estejam adequados às exigências das culturas. O cafeeiro tem como característica grande exportação de nutrientes do solo, necessitando de adequada aplicação de corretivos e fertilizantes para alcançar altas produtividades. Em geral, necessitam para o ciclo de vida de 16 nutrientes, sendo três – carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) – vindos do ar e da água, que compõem aproximadamente 95% do total do peso de uma planta, e os 13 restantes divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, cloro – Cl e molibdênio – Mo). Como os solos tropicais, via de regra, são caracterizados pela baixa fertilidade, a nutrição da planta com esses nutrientes deve ser feita de modo equilibrado para suprir suas necessidades, tanto para

Foto: Rafael Rocha



otimizar o desenvolvimento dos frutos da carga pendente, quanto para o desenvolvimento de novos ramos e gemas destinadas à próxima safra. Os resultados mais recentes indicam que a nutrição dos cafeeiros, quando realizada no momento adequado e em quantidades compatíveis com a demanda de cada lavoura, potencializa o pleno desenvolvimento vegetativo e reprodutivo aumentando, em média, 15% da produtividade e permitindo a colheita de maior percentual de frutos com potencial para produção de cafés de qualidade superior. Esse aumento de produtividade reduz, significativamente, a necessidade de expansão de áreas para atender as demandas atuais crescentes de cafés commodities e superiores.

### Manejo de irrigação do cafeeiro

A adoção da irrigação aumenta expressivamente a produtividade das lavouras de café, e, nas últimas décadas, essa prática tem sido cada vez mais difundida. Além disso, a irrigação viabiliza a produção de café em áreas que não eram aptas para esse cultivo. Estima-se que, atualmente, a cafeicultura irrigada no Brasil representa quase 300 mil hectares, pouco mais de 12% do parque cafeeiro, de acordo com Fenicafé (2020). Contudo, os ganhos com essa técnica podem ser anulados diante do uso inadequado dos recursos hídricos por contribuir para a ocorrência de impactos ambientais significativos. Nesse sentido, as tecnologias desenvolvidas pelo consórcio resultaram na otimização do uso dos recursos hídricos com ganhos de produtividade de 25%, quando comparados ao cultivo em

condições de sequeiro, com redução no uso de insumos e mão de obra (Guerra et al., 2005). Essas técnicas relacionadas ao manejo de irrigação potencializam o uso de áreas menores sem perdas na produção nacional de café. Nesse sentido, as áreas irrigadas são responsáveis por 30% da produção nacional de café, graças às grandes vantagens do cultivo irrigado comparado com o cultivo de sequeiro.

### Estresse hídrico controlado

O cafeeiro apresenta desenvolvimento peculiar, pois as fases de crescimento vegetativo e reprodutivo ocorrem simultaneamente. Na região do Cerrado, quando o cafeeiro é irrigado durante todo o ano, as plantas não apresentam períodos de acentuada redução nas taxas de crescimento, ocorrendo o aparecimento e desenvolvimento de novos nós ao longo de todo o ano. Nessa situação, podem ocorrer de três a quatro florações, dependendo das variações climáticas, com a consequente desuniformidade de maturação no momento da colheita, sendo possível colher no máximo 35% de frutos no estágio de desenvolvimento denominado cereja, próprio para a produção de cafés especiais. O estresse hídrico controlado é uma técnica que expõe os cafeeiros irrigados a um déficit hídrico no período de menor demanda hídrica dos cafeeiros, conduzindo-os, após o retorno das irrigações, a sincronização do florescimento, o qual ocorre de forma concentrada e com consequente uniformização na maturação dos grãos de café no momento da colheita. Essa técnica contribui para redução em 33% dos custos de água e energia e para elevação da

produtividade em torno de 10% e, também, da qualidade a partir da obtenção de melhor enchimento dos grãos (Guerra et al., 2005). Esses ganhos contribuem para reduzir a abertura de novas áreas de produção.

## Braquiária como planta de cobertura

O sistema de produção de café com uso de braquiária nas entrelinhas, tecnologia também desenvolvida pelo consórcio, é uma solução prática de adoção simples que requer baixo investimento e contribui expressivamente para aumentar a produtividade dos cafeeiros, evitar erosão do solo, adicionar carbono e nitrogênio, reciclar nutrientes, melhorar a qualidade físico-hídrica desse solo e favorecer a estabilidade estrutural do solo. Essa solução tecnológica consiste basicamente no cultivo da braquiária (*Brachiaria decumbens*) como planta de cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros, irrigados ou de sequeiro, em regiões com oferta hídrica regular e tem associação com boas práticas inerentes a esse cultivo, tais como o seu respectivo manejo cultural, nutrição equilibrada e, se for o caso, manejo da água de irrigação com adoção do estresse hídrico controlado. O sistema de manejo das entrelinhas do cafeeiro com a braquiária como planta de cobertura promove, na camada de 0,0 a 0,2 m, alterações nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no aumento de 18% a 20% na água prontamente disponível do solo (Rocha, 2014).

Esse aumento pode ser atribuído à conversão de macroporos em microporos de baixa retenção (Mib) devido à ação agregante do sistema radicular da braquiária que, quando associada à oferta hídrica regular, proporciona aumento na amplitude da curva de retenção na faixa de tensão correspondente à água prontamente disponível (APD). Dessa forma, a braquiária como planta de cobertura, associada às demais tecnologias mencionadas, aumenta a produtividade do cafeeiro e favorece



os atributos químicos e físico-hídricos do solo, o que melhora a estrutura do solo e a sua capacidade em armazenar água. Além disso, esse modelo de produção favorece o estoque de carbono nas camadas superficiais do solo, enquanto a braquiária favorece os atributos físicos do solo relacionados à disponibilidade de água para o cafeeiro. Portanto, o cafeeiro, em razão da sua longevidade, pode armazenar

carbono por muitos anos, e, quando associado à braquiária, além de atender a principal premissa do protocolo de Quioto, relacionada aos projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), de reduzir o CO<sub>2</sub> da atmosfera, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da cafeicultura nacional por dar sustentabilidade produtiva e ambiental e, assim, reduzir a pressão por expansão de área.

## Sistemas de poda

Os sistemas de poda dos cafeeiros possibilitaram combinar diferentes tecnologias que contribuem para melhorar o vigor das lavouras a fim de que elas atinjam o máximo potencial produtivo. O principal ganho dessa prática tecnológica é a manutenção do potencial produtivo das plantas ao longo do tempo, uma vez que a produção dos cafeeiros ocorre em ramos novos. A condução adequada das lavouras por sistema combinado de podas pode incrementar sua produtividade em

mais de 20% e, ainda, reduz a necessidade de mão de obra. A poda do cafeeiro das espécies arábica e canéfora compreende a eliminação parcial da parte aérea da planta após a colheita. Essa prática ocorre, geralmente, no período de agosto a outubro e tem como principais objetivos a renovação por indução de ramos produtivos de plantas depauperadas pela idade, por lesões causadas por fenômenos climáticos e/ou pela incidência de pragas e doenças. A poda também pode programar com eficiência a condução e a produção de cafeeiros em sistemas de lavouras adensadas, além de reduzir a incidência de pragas e doenças, facilitando o seu controle. Ademais permite mais luminosidade e arejamento dos cafeeiros em lavouras com fechamento, melhora a arquitetura das plantas por renovação e ajuste da estrutura da copa, reduz a altura e partes laterais das plantas para facilitar os tratos culturais e a colheita nos próximos anos. Assim, o cafeicultor tem aumento da vida útil de produção



dos cafeeiros, com vigor e produtividade, sem necessidade de novos plantios para manutenção do seu volume de produção.

## Manejo de pragas e doenças

A incidência de pragas e doenças no cafeeiro podem causar expressivos prejuízos nas lavouras cafeeiras. Nesse contexto, vale destacar algumas pragas de importância econômica que atacam as plantas de café e têm sido objeto de pesquisas no âmbito do Consórcio Pesquisa Café, tais como a broca-do-café – *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolitidae); bicho-mineiro – *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae); ácaro-vermelho – *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae); cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae), entre outras.

Com relação às doenças do cafeeiro, as pesquisas têm se concentrado nas seguintes: ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), manchas de phoma (*Phoma* spp.), mancha de ascochyta (*Ascochyta* spp.), mancha-areolada (*Pseudomonas syringae garcae*), nematoide-das-galhas (*Meloidogyne*) e mancha anular do cafeeiro (*Coffee ringspot virus* – CoRSV). Para mitigar esse problema, o Consórcio Pesquisa Café tem intensificado o desenvolvimento de tecnologias para o monitoramento e controle de pragas e doenças na cafeicultura. Nesse sentido, o manejo integrado de pragas e doenças da cultura do café contribui na manutenção de altas produtividades e qualidade de frutos dos cafeeiros, e reduz o custo de produção e os potenciais impactos negativos da aplicação excessiva de

agroquímicos. Essas tecnologias, quando bem utilizadas, contribuem para a expressão do potencial produtivo das lavouras sem a necessidade de abertura de novas áreas de produção.

## Protocolo para micropropagação

O protocolo para micropropagação é empregado na clonagem do café arábica com características agrônômicas superiores, que permitem aumento da produtividade e melhoria da qualidade do produto. Nesse caso, a produção de híbridos superiores, por meio da clonagem do cafeeiro, reduz o tempo necessário ao melhoramento genético do cafeeiro, permite a produção de mudas em larga escala de plantas, com múltiplas características desejáveis. Essa tecnologia contribui para redução de área em função de uma maior uniformidade das plantas superiores com maior potencial produtivo.

## Jardins clonais de *Coffea canephora* superadensados com arqueamento constante

Esta forma de condução de jardins clonais visa reduzir o tempo necessário para a obtenção de estaquinhas para produção de mudas e possibilita a produção de mudas de genótipos superiores destinadas à renovação do parque cafeeiro. Pelo sistema tradicional de produção de mudas, em 36 meses pode-se produzir até 2 milhões de mudas por hectare. Com a tecnologia de sistema superadensado, desenvolvida pelo consórcio, nesse mesmo período, podem-se produzir até

7 milhões de mudas por hectare. Além disso, outros benefícios também podem ser destacados com o emprego dessa tecnologia: produção de grande número de estacas em área reduzida; redução do tempo para a produção das estacas (antecipando em mais de um ano a disponibilização das estacas aos cafeicultores); estabilização da produção de estacas; aumento da produção de estacas em menos espaço de tempo; maior uniformidade das hastes; e facilidade de manejo e tratamentos culturais, o que reduz o custo de manutenção do jardim clonal. Essa tecnologia também contribui para redução de área em função de uma maior uniformidade das plantas superiores, o que confere maior potencial produtivo.

## Perspectivas

Fica demonstrado, dessa forma, como o programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), associado ao emprego das tecnologias e boas práticas citadas, além de outras, pelos cafeicultores, contribuiu para o avanço do setor cafeeiro na expansão da produção com redução de área, o que permitiu aumentar a competitividade da cafeicultura nacional e promover a geração de renda com preservação ambiental.

## Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] CAFÉ: safra 2019: quarto levantamento, v. 5, n. 4, p. 1-44, dez. 2019. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/28519\\_1451c80af85a09013032c62c38317623](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/28519_1451c80af85a09013032c62c38317623). Acesso em: 24 fev. 2021.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] CAFÉ: safra 2021: primeiro levantamento, v. 8, n. 1, p. 1-71, jan. 2021. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/35523\\_38fae3bc88d9b5f875d991b8be1490da](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/35523_38fae3bc88d9b5f875d991b8be1490da). Acesso em: 27 fev. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **Evolução do consumo interno de café no Brasil**. Disponível em <https://www.abc.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Termo de Referência para a execução do PNP&D/Café. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 3, n. 50, 14 mar. 1997. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/apresentacao/F-DOU-de-14-3-1997-Termo-de-Referencia-e-Constituicao-Consorcio.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informe Estatístico do Café**, dez. 2013. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/Informe\\_Cafe\\_Dezembro\\_2013.xls](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Informe_Cafe_Dezembro_2013.xls). Acesso em: 4 mar. 2021.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal**: dezembro 2020. [São Paulo], 2020. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/CECAFE\\_Relatorio\\_Mensal\\_DEZEMBRO\\_2020.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_DEZEMBRO_2020.pdf). Acesso em: 4 mar. 2021.

EMBRAPA. **Valor bruto da produção**: janeiro/2021. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/VBP\\_01\\_21.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/VBP_01_21.pdf). Acesso em: 4 mar. 2021.

FENICAFÉ. **A irrigação é uma peça fundamental na produção de café**. Araguari, 2020. Disponível em: <https://www.fenicafe.com.br/noticias/a-irrigacao-e-uma-peca-fundamental-na-producao-de-cafe>. Acesso em: 4 mar. 2021.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 65/66, p. 42-45, 2005.

IBGE. **Censo Agro 2017**: resultados definitivos. [Rio de Janeiro, 2019]. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro). Acesso em: 27 fev. 2021.

MIRANDA, E. E. de. **Atribuição, ocupação e uso das terras [no Brasil]**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017. Disponível em: [http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes\\_tecnicas/Atribuicao\\_Ocupacao\\_e\\_Uso\\_das\\_Terras\\_no\\_Brasil\\_junho\\_2017.pdf](http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Atribuicao_Ocupacao_e_Uso_das_Terras_no_Brasil_junho_2017.pdf). Acesso em: 27 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Relatório sobre o mercado de café**: janeiro 2021. [Londres], 2021. Disponível em: <http://www.ico.org/documents/cy2020-21/cmr-0121-p.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 5ª aproximação. Vitória: SEEA; Incaper; CEDAGRO, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. A. (ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROCHA, O. C. **Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas**. 2014. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

## Literatura recomendada

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] CAFÉ: safra 2020: quarto levantamento, v. 5, n. 6, p. 1-41, dez. 2020. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/34932\\_](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/34932_)

[f1feea7816de1bd2f9528cac2d9a19b1](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/34932_f1feea7816de1bd2f9528cac2d9a19b1). Acesso em: 27 fev. 2021.

EMBRAPA. Instituto Agrônomo – IAC completa 127 anos. **Notícias**, 27 jun. 2014. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1865736/instituto-agronomico--iac-completa-127-anos?p\\_auth=03GithjN](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1865736/instituto-agronomico--iac-completa-127-anos?p_auth=03GithjN). Acesso em: 24 fev. 2021.

FRONZAGLIA, T.; SHIROTA, R.; CAIADO, J. S.; TURCO, P. H. N.; BLISKA, F. M. M.; VEGRO, C. L. R.; SANTOS, J. F.; TÔSTO, S.; MATIELLO, J. B. **Trajatória da pesquisa cafeeira no Brasil**: tecnologias e políticas que resultaram em pontos de ruptura na evolução setorial. Disponível em: [http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4509/296\\_38-CBPC-2012.pdf;sequence=1](http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4509/296_38-CBPC-2012.pdf;sequence=1). Acesso em: 24 fev. 2021.

GIOMO, G. S.; MISTRO, J. C.; PEREIRA, S. P. Cafés do Brasil – do IAC para o mundo. **O Agrônomo**, 22 jun. 2017. Disponível em: <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=874#:~:text=H%C3%A1%2085%20anos%2C%20o%20Programa,no%20mundo%20s%C3%A3o%20cultivares%20IAC>. Acesso em: 24 fev. 2021.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, H. C.; ARAÚJO, M. C. de. **Irrigação do cafeeiro no cerrado: estratégia de manejo de água para uniformização de florada**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 122).

MATIELLO, J. B. Espaçamento de cafezais evolui muito. **Revista Cafeicultura**, 23 set. 2015. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/?mat=59388>. Acesso em: 24 fev. 2021.

TURCO, P. H. N.; FRONZAGLIA, T.; VEGRO, C. L. R.; FIRETTI, R.; TÔSTO, S. G.; BLISKA, F. M. de M. Trajetória tecnológica cafeeira no Brasil, 1924 a 2012. **Revista de Economia Agrícola**, v. 60, n. 2, p. 105-119, jul./dez. 2013. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicar/rea2013-2/rea7.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2021.



Capítulo 6

# Aumento de produtividade e rentabilidade de milho com intensificação tecnológica

Rubens Augusto de Miranda  
Emerson Borghi  
Décio Karam  
Miguel Marques Gontijo Neto  
Roberto dos Santos Trindade  
Álvaro Vilela de Resende  
Ivenio Rubens de Oliveira  
Sidney Netto Parentoni  
Simone Martins Mendes  
Jason de Oliveira Duarte

Foto: Riteshman (Pixabay)



Nas três últimas décadas, a produção de milho no Brasil quadruplicou, fato que permitiu ao País superar a marca de 100 milhões de toneladas pela primeira vez. Nesse processo, a produtividade teve um papel mais determinante para o aumento de produção do que os acréscimos de área plantada, porque o aumento da produtividade tem demandado menor quantidade de terra para incrementar a oferta de milho, resultando no efeito que se convencionou chamar de poupa-terra.

- Em 30 anos, a produção aumentou 359%. Essa ampliação acentuada da produção se deve ao acréscimo da produtividade média, que passou de 1.841 kg ha<sup>-1</sup> em 1989/1990 para 5.520 kg ha<sup>-1</sup> em 2019/2020 (aumento de 200%) e uma maior área plantada, que passou de 12,1 milhões de hectares para 18,5 milhões de hectares (aumento de 53%) no referido período.
- Para se produzir os 102,142 milhões de toneladas de milho colhido em 2019/2020 com a produtividade média vigente em 1989/1990 seriam necessários 55,5 milhões de hectares. Assim, apesar do aumento da área plantada, 18,5 milhões de hectares, foram poupados 37 milhões de hectares pelos ganhos de produtividade.

A adoção e difusão de novas tecnologias e práticas agrícolas impactaram a produtividade ao superar diversos desafios para viabilizar o plantio do milho em sucessão a outras culturas, com destaque para o sistema plantio direto (SPD), avanços na

genética e biotecnologia, a construção de fertilidade do solo e melhorias nos tratamentos culturais para o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças. A expansão da cultura do milho em sistemas de cultivo, sem a necessidade de abertura de novas áreas, estabeleceu o Brasil como um dos principais produtores mundiais do cereal, e tal ação foi feita respeitando o meio ambiente, otimizando o uso de recursos naturais e contribuindo com as principais políticas públicas e metas conservacionistas hoje vigentes no Brasil e no mundo, com destaque para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nesse sentido, destacam-se as contribuições para:

- ODS 2 (Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável);
- ODS 13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos); e
- ODS 15 (Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade).

## Contextualização

A trajetória milenar do milho está profundamente entrelaçada com a história da humanidade. De sua origem no México há 9 mil anos aos dias atuais, o cereal angariou o status de cultura agrícola mais



Foto: Fernando Valicente

importante do mundo. Para justificar tal afirmação, basta olhar o ano agrícola 2019/2020, quando a produção mundial de milho grão totalizou 1,11 bilhão de toneladas (United States, 2020). O cereal é a única cultura agrícola mundial que produz anualmente mais de 1 bilhão de toneladas, marca que só foi possível alcançar por sua importância em diversas cadeias produtivas, da produção de alimentos a combustíveis.

O patamar produtivo atual da cultura do milho foi viabilizado com a adoção de novas tecnologias e práticas agrícolas. Há 60 anos, na safra 1960/1961, o mundo colheu 205 milhões de toneladas de milho grão. Para tanto, o cereal foi cultivado em 105,6 milhões de hectares com uma produtividade média de 1.942 kg ha<sup>-1</sup> (FAO, 2020). Para se obter a safra mundial de milho em 2019/2020 com o nível tecnológico vigente, no início da década de 1960, seriam necessários mais de

570 milhões de hectares, enquanto nas atuais condições tal produção ocorreu em apenas 192,5 milhões de hectares.

O aumento da produtividade tem demandado menor quantidade de terra para incrementar a oferta de milho ao mercado, resultando no efeito que se convencionou chamar de poupa-terra. Dentre as consequências do efeito poupa-terra, destacam-se a liberação do solo para outras atividades e menor pressão sobre o desmatamento para abertura de novas áreas de produção.

Nos últimos anos, alguns estudos procuraram mensurar o efeito poupa-terra na agropecuária brasileira. Vieira Filho (2016) calculou o efeito na pecuária em 324,7 milhões de hectares no período de 1990 a 2015 e na agricultura em 18,6 milhões de hectares, mas no período mais curto entre 2010 e 2015. Em um maior horizonte de tempo, Martha Júnior et al. (2012) estimaram o efeito poupa-terra

na pecuária em 525 milhões de hectares entre 1950 e 2006. Nesse contexto, o presente documento tem por objetivo discutir o desenvolvimento da cultura do milho no Brasil e as principais contribuições tecnológicas e de práticas agrícolas que proporcionaram a esta cultura estar inserida no contexto para o efeito poupa-terra.

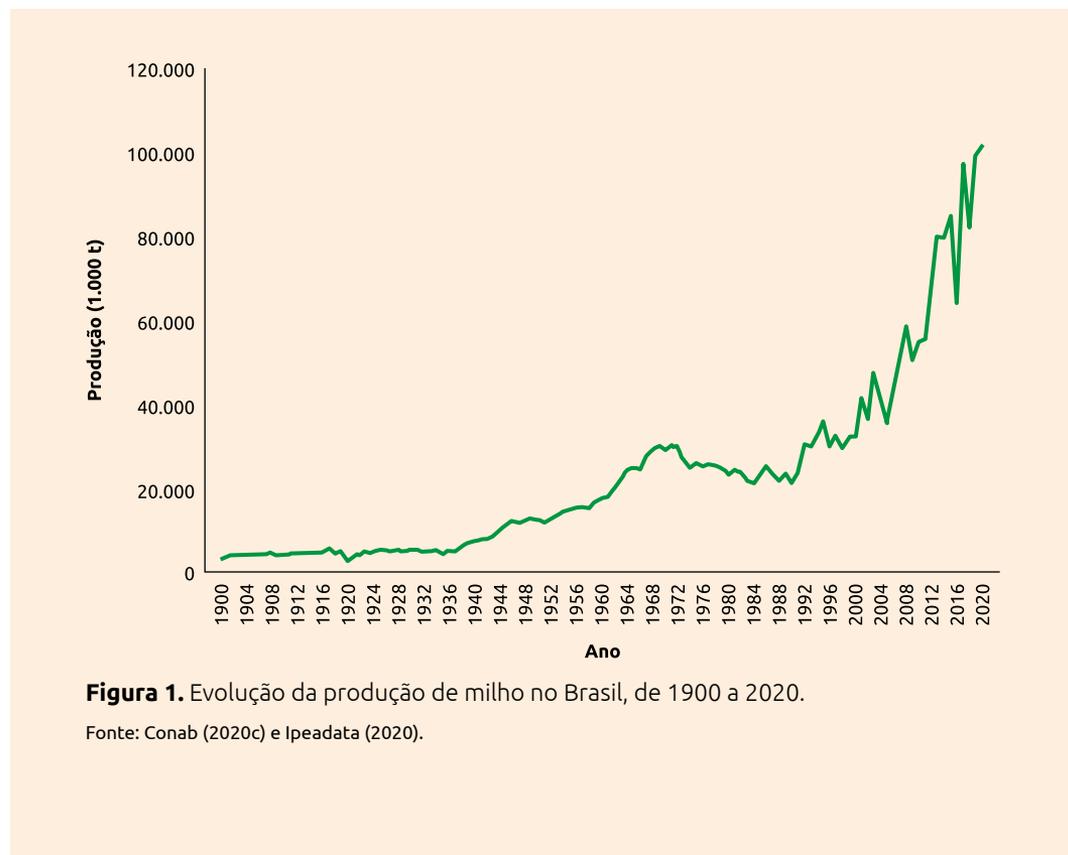
## Evolução da produção de milho no Brasil

Historicamente, o milho teve um papel importante na ocupação do território brasileiro. No Brasil colonial, o cereal foi uma das culturas indígenas que evoluiu como atividade de subsistência, durante o ciclo do açúcar, no fornecimento de forragem à pecuária, setor fundamental no

início do povoamento do interior do País (Prado Júnior, 1990). Mais recentemente, nas últimas décadas, o milho adquiriu novo papel na expansão das fronteiras agrícolas, ao ser produzido em sistema no qual o cereal é plantado em sucessão à soja, dando sustentação a produção da oleaginosa.

A Figura 1 ilustra a evolução da produção de milho no Brasil no decorrer do século 20 e início do século 21. Consegue-se visualizar quatro fases da produção de milho no Brasil durante esse período de 120 anos.

Na primeira fase, englobando a República Velha (1889–1930) ao início do Estado Novo (1937–1946), a produção de milho passou por um período de estagnação. A despeito da falta de evolução, a cultura



**Figura 1.** Evolução da produção de milho no Brasil, de 1900 a 2020.

Fonte: Conab (2020c) e Ipeadata (2020).

já demonstrava certa relevância, com safras de grãos superiores a 3 milhões de toneladas, e posicionando o milho como uma das principais culturas agrícolas do País.

A segunda fase é representada pelo primeiro grande ciclo de crescimento da cultura do milho no Brasil. As três décadas que separam o início do Estado Novo a meados do Milagre Econômico (1969–1973), a produção de milho cresceu 500%, passando de 5 milhões de toneladas em 1936/1937 para 30,2 milhões de toneladas em 1970/1971. Esse crescimento da produção brasileira de milho é explicado tanto pelo aumento da área plantada (acréscimo de 172% no período) como pelo aumento da produtividade (acréscimo de 121% no período) decorrente da adoção de novas tecnologias e práticas culturais.

Nesse ciclo de crescimento da produção, é importante destacar a mecanização, a tecnologia de sementes e a chamada Revolução Verde. No período, o número de tratores nos estabelecimentos agropecuários brasileiros aumentou consideravelmente, saltando de 3.380 unidades em 1940 para 165.870 unidades em 1970, acréscimo de 4.807% (IBGE, 2018). O avanço da tecnologia de sementes pode ser ilustrado pelo lançamento do primeiro milho híbrido comercial do Brasil, pela Agrocere, em 1945. Nas décadas seguintes, a tecnologia de sementes híbridas iria se tornar padrão e constituiu um elemento fundamental do desenvolvimento da cultura no País. A disseminação de novas práticas agrícolas e o uso intensivo de insumos no escopo da

Revolução Verde, nas décadas de 1960 e 1970, impactou consideravelmente não apenas a produção agrícola brasileira, mas a produção mundial de forma geral.

Após o pico de produção no início da década de 1970, a cultura do milho no País passou por um período de retração e só voltaria a superar a marca de 30 milhões na safra 1991/1992. A terceira fase é representada pela redução sistemática da produção brasileira de milho até meados da década de 1980. A principal razão dessa retração é a ascensão da soja, que passou a ocupar áreas do cereal na região Sul, então celeiro da produção de grãos do País. A competição com a soja pelo plantio no verão, durante o período chuvoso e quente, inicialmente estagnou a área plantada e a produtividade do milho, ao empurrar o cereal para áreas marginais, mas engendrou a grande revolução da produção do cereal nas últimas 3 décadas, alterando a geografia e época de plantio da cultura (Miranda, 2020).

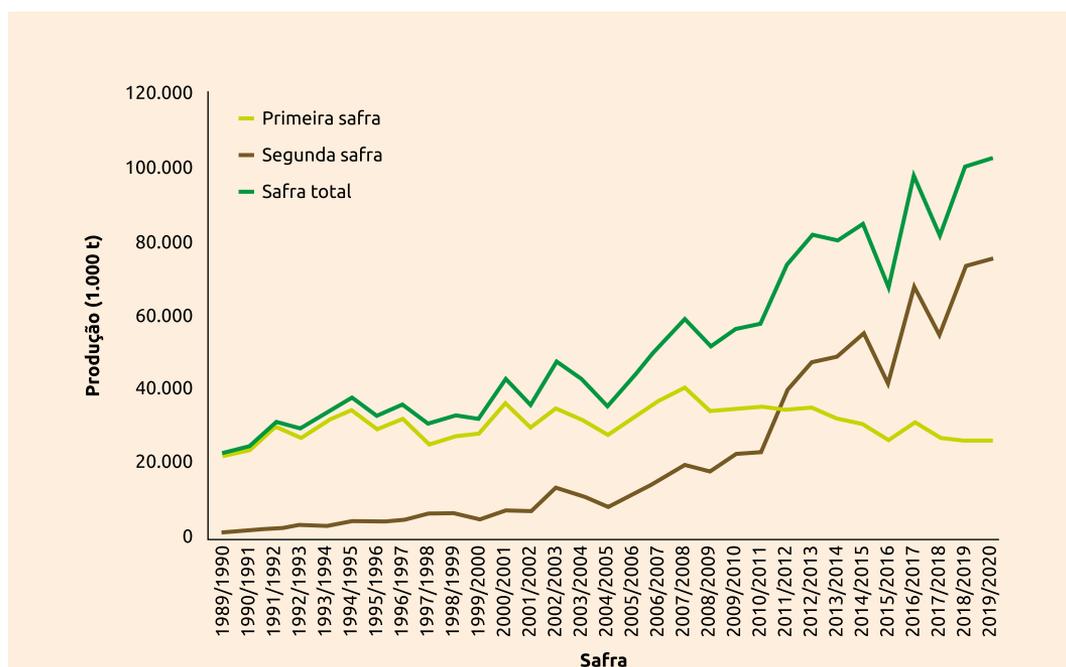
Ao final da década de 1980, começou a ganhar relevância o milho plantado extemporaneamente, em fevereiro ou março, quase sempre em sucessão à soja. Esse milho de inverno, ou segunda safra, passou a ser popularmente conhecido como milho safrinha. Nas décadas seguintes, a produção do milho safrinha cresceu consideravelmente, a ponto de relegar o milho de verão (semeado durante a primavera/verão) a um segundo plano. Na safra 2019/2020, a primeira safra (verão) de milho respondeu por apenas 25,1% da produção total recorde de 102,1 milhões de toneladas (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2020). A safrinha de

milho é a grande marca desse segundo ciclo de crescimento da cultura, ao mudar a lógica e a estrutura da produção do cereal no Brasil.

A Figura 2 ilustra a trajetória de produção do milho na primeira e segunda safra nos últimos 30 anos. É possível visualizar que o cultivo no verão permaneceu estagnado, até mesmo com redução nos últimos anos, e é o milho safrinha que explica o crescimento da produção do cereal no País.

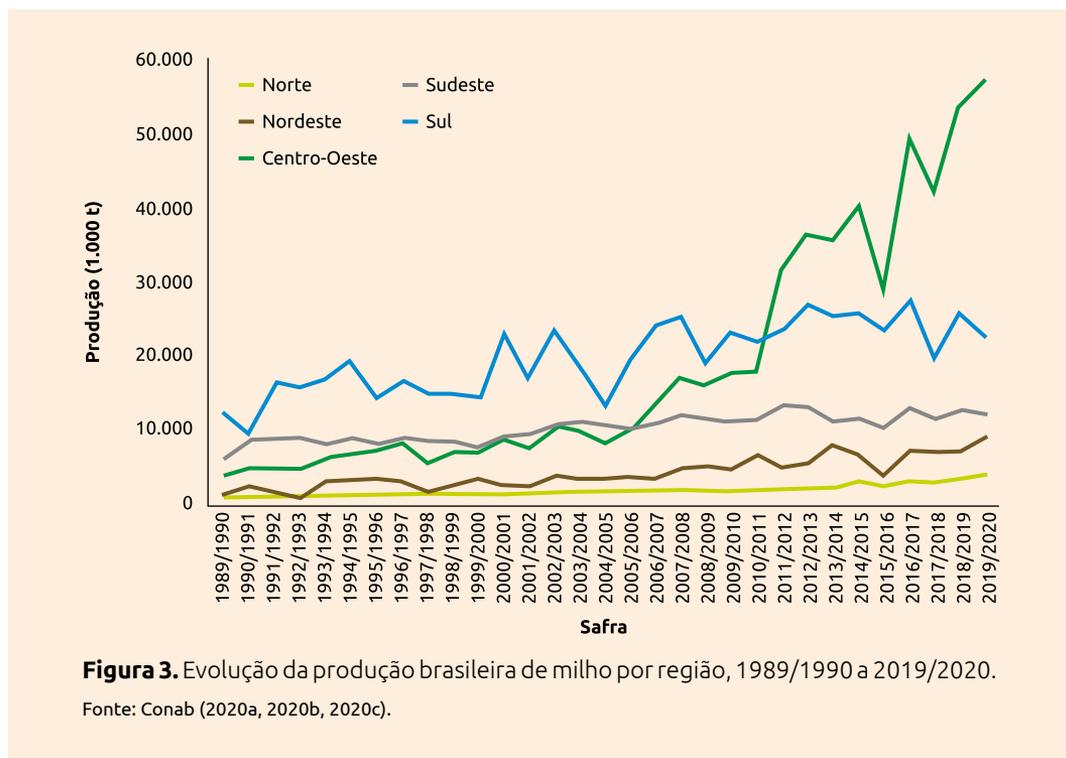
A soja não apenas induziu a mudança temporal de plantio da maior parte da produção de milho no País, mas também alterou a geografia da cultura. Na esteira do avanço da soja na fronteira agrícola, principalmente no Centro-Oeste, o milho

veio na sequência. A Figura 3 demonstra a evolução da produção de milho no País por região. Constata-se a evolução na região Centro-Oeste, tornando-se a principal região produtora de milho do País, com destaque para o estado do Mato Grosso substituindo o Paraná como grande estado produtor. Na safra 2019/2020, o Mato Grosso respondeu por 33,3% da produção de milho no País, com 34 milhões de toneladas colhidas, quantidade quase três vezes superior à colheita paranaense. No Centro-Oeste, o milho é produzido predominantemente em sucessão à soja, garantindo maior rentabilidade ao produtor, além também de proporcionar a sustentabilidade do sistema plantio direto (SPD) no bioma Cerrado.



**Figura 2.** Evolução da produção na primeira e segunda safra de milho no Brasil, 1989/1990 a 2019/2020.

Fonte: Conab (2020a, 2020b, 2020c).



## As contribuições tecnológicas para o efeito poupa-terra

Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020a, 2020b, 2020c), entre as safras 1989/1990 e 2019/2020, a produção de milho no Brasil passou de 22.258 mil toneladas para 102.142 mil toneladas (Figura 2). Em 30 anos, a produção aumentou 359%. Essa ampliação acentuada da produção se deve ao acréscimo da produtividade média, que passou de 1.841 kg ha<sup>-1</sup> em 1989/1990 para 5.520 kg ha<sup>-1</sup> em 2019/2020 (aumento de 200%) e uma maior área plantada, que passou de 12,1 milhões de hectares para 18,5 milhões de hectares (aumento de 53%) no referido período.

Para se produzir os 102,142 milhões de toneladas de milho colhido em 2019/2020 com a produtividade média vigente em 1989/1990 seriam necessários 55,5 milhões de hectares. Em decorrência do aumento de produtividade, foi possível produzir o montante da safra 2019/2020 em 18,5 milhões de hectares, em sucessão à soja. Assim, apesar do aumento da área plantada, foram poupados 37 milhões de hectares pelos ganhos de produtividade.

O aumento da área plantada de milho não significou uma necessidade de mais terras, pois a segunda safra de milho em rotação com a soja impulsionou a intensificação do uso do solo. Em 1989/1990, a área plantada total com milho grão, 12,1 milhões de hectares, era predominantemente de cultivo no verão, 95,7%



Foto: Gustavo Porpino de Araujo

do total, com muitas áreas subutilizadas no inverno, após a colheita. Na safra 2019/2020, o milho grão no verão foi cultivado em apenas 4,2 milhões de hectares, sendo os demais 14,3 milhões de hectares plantados na segunda ou mesmo na terceira safra em sucessão a outras culturas. Fica evidente que, analisando os dados históricos, o crescimento significativo da produção de milho no Brasil foi evidenciado pela tecnologia disponível aos produtores brasileiros, aumentando a oferta de soja e milho na mesma área cultivada. Nos últimos 30 anos, a produção de milho grão quase quintuplicou, e a área de milho verão diminuiu dois terços. Nesse sentido, um efeito poupa-terra

ocorreu via intensificação do uso do solo pela viabilização do cultivo soja-milho.

Essa particularidade da cultura do milho em poder ser cultivada em diferentes épocas do ano de forma economicamente viável, resultando em múltiplas safras, confere um dinamismo adicional à cultura em termos de efeito poupa-terra, pois ele não é explicado somente pela produtividade. Ao longo das últimas décadas, a adoção e difusão de novas tecnologias e práticas agrícolas impactaram a produtividade e viabilizaram o plantio do milho em sucessão a outras culturas, em especial a soja, resultando no efeito poupa-terra, dentre os quais destacam-se o SPD, a genética e biotecnologia, a

construção de fertilidade do solo e os avanços nos tratamentos culturais para o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças.

## Sistema Plantio Direto

Entre as práticas conservacionistas que conciliam produtividade e conservação de recursos naturais, o SPD é adotado em aproximadamente 35 milhões de hectares no Brasil (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, 2020). Para as condições tropicais, esse sistema de cultivo baseia-se em três princípios agrícolas: não revolvimento do solo com implementos agrícolas, cobertura do solo com resíduos vegetais (palha) o maior período de tempo possível, e rotação de culturas (Blanco-Canqui; Ruis, 2018). Entre as culturas agrícolas que garantem a versatilidade do SPD nos diferentes biomas brasileiros, o milho é considerado estratégico para a sustentabilidade dessa técnica, uma vez que apresenta características importantes como a ampla adaptabilidade e estabilidade produtiva mesmo em cultivos outonais, pois permite finalidades múltiplas para cultivos em rotação ou sucessão à soja e, ainda, é consorciado com outras espécies vegetais como nas modalidades de cultivos em integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (Borghini et al., 2013).

A escolha do milho para compor um sistema de rotação de culturas para o SPD se deve a muitas razões. Pertencente à família Poaceae, o milho tem grande capacidade de produção de palha, acima de 13 t ha<sup>-1</sup> (Resende et al., 2016) e de alta relação carbono/nitrogênio, o que

lhe confere uma decomposição lenta na superfície do solo. Em muitas regiões produtoras, essa palha sobre o solo permanece até o cultivo da soja do ano agrícola seguinte, diminuindo a presença de plantas daninhas e reduzindo a perda de solo pelo processo erosivo provocado pela chuva. Além disso, as raízes de milho, que ocupam grande volume em profundidade no solo, formam canais naturais que permitem maior infiltração de água e, por meio de sua decomposição, aumentam a ação de microrganismos benéficos, proporcionando melhorias das condições físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, aumentando progressivamente a produtividade das culturas ao longo do tempo de adoção do SPD (Borghini et al., 2019).

No Brasil Central, o milho semeado após a soja (cultivo conhecido como milho safrinha) garante o avanço do SPD em muitos estados brasileiros. O cultivo soja/milho safrinha foi estabelecido graças aos avanços tecnológicos nas duas culturas, permitindo reduzir o ciclo da soja e, na sequência, garantir o plantio do milho em SPD. Kappes (2013) relatou que o melhoramento da soja ao longo das últimas décadas, buscando a precocidade aliada ao hábito de crescimento indeterminado na soja, provocou, também, uma antecipação na época de semeadura da soja em quase 50 dias, quando comparada à época de 1985/1990. Em 30 anos, graças aos avanços tecnológicos para essas duas culturas, a área cultivada de milho safrinha saltou de 256 mil hectares na safra 1989/1990 para 13,73 milhões de hectares na safra

2019/2020. Com pesquisas adaptativas nas regiões produtoras, técnicos capacitados e o produtor empregando as melhores práticas agrícolas visando potencializar a produção e otimizar os recursos naturais disponíveis, a produtividade de milho safrinha, considerando essa mesma série histórica, passou de 966 kg ha<sup>-1</sup> em 1989/1990 para 5.454 kg ha<sup>-1</sup> em 2019/2020.

De acordo com Contini et al. (2019), o milho cultivado em rotação, sucessão e consórcio, graças à ampla plasticidade e adaptabilidade dos cultivares disponíveis no mercado, apresenta produtividades na safrinha iguais ou superiores à época de cultivo no verão. Graças a essa amplitude de possibilidades, o milho safrinha representa a viabilidade econômica para adoção do SPD pelos produtores brasileiros (Miranda et al., 2011). Dados de área cultivada que compõem o relatório de acompanhamento de safra elaborado pela Conab, em agosto de 2020, demonstram que 37% da área cultivada de soja no Brasil recebeu o milho na sequência. A região Centro-Oeste adota esse sistema de cultivo em maior proporção (54%), e os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são os maiores produtores dessa sequência soja/milho em SPD, representando,

respectivamente, 54% e 61% da área de soja da safra 2019/2020. Outros estados, como São Paulo, Rondônia e Tocantins, que vêm aumentando a área cultivada com soja nos últimos anos, também adotam o milho na sequência, consolidando o aumento expressivo de área do SPD no Brasil pelo o binômio soja/milho. Nestes estados, esse cultivo sequenciado já representa 48%, 58% e 23% da área cultivada com soja, respectivamente (Tabela 1).

A Tabela 2 demonstra uma análise da área cultivada e da produtividade das duas culturas na última década, também a partir dos dados da Conab (2020c, 2020d). Nesse período, enquanto a área cultivada com soja cresceu 63%

**Tabela 1.** Área cultivada de soja e de milho segunda safra nos principais estados produtores dessas culturas no Brasil, na safra 2019/2020.

Região/UF	Área cultivada (mil hectares)		
	Soja (a)	Milho segunda safra (b)	b/a
<b>Brasil</b>	<b>36.949,0</b>	<b>13.735,8</b>	<b>37%</b>
<b>Centro-Oeste</b>	<b>16.640,1</b>	<b>8.926,2</b>	<b>54%</b>
Mato Grosso	10.004,1	5.414,4	54%
Mato Grosso do Sul	3.016,4	1.840,0	61%
Goiás	3.545,1	1.633,7	46%
Distrito Federal	74,5	38,1	51%
<b>Sul</b>	<b>12.085,1</b>	<b>2.259,2</b>	<b>19%</b>
Paraná	5.502,7	2.259,2	41%
<b>Sudeste</b>	<b>2.757,1</b>	<b>973,6</b>	<b>35%</b>
Minas Gerais	1.647,3	442,8	27%
São Paulo	1.109,8	530,8	48%
<b>Norte</b>	<b>2.110,0</b>	<b>531,2</b>	<b>25%</b>
Rondônia	348,4	186,0	53%
Tocantins	1.078,0	240,7	22%
Pará	607,4	101,1	17%

Fonte: Conab (2020c, 2020d).

**Tabela 2.** Evolução de área (milhões de hectares), de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e percentual de crescimento das culturas da soja e do milho safrinha entre os anos agrícolas 2009/2010 a 2019/2020.

	Área	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Soja</b>		
2009/2010	18,1	2.671
2019/2020	29,5	3.466
Crescimento (%)	63	30
<b>Milho</b>		
2009/2010	4,9	4.164
2019/2020	13,7	5.454
Crescimento (%)	280	30

Fonte: Dados obtidos da série histórica disponível pela Conab, Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2020).

(incremento de 11,5 milhões de hectares na área cultivada), o milho safrinha aumentou em maior proporção de área cultivada (280%), porém, somente em 8,8 milhões de hectares. A produtividade das culturas, considerando essa mesma série de dados, cresceu de forma homogênea, 30% para ambas. Assim, é possível inferir que a área cultivada com milho safrinha expandiu em maior proporção considerando a última década, porém, esse aumento foi proveniente do avanço no cultivo da soja. Embora a expansão da leguminosa esteja em maior evolução pela possibilidade de cultivo sob áreas de pastagens degradadas no bioma Cerrado, o cultivo do milho no outono/inverno, semeado imediatamente (ou simultaneamente) à colheita da soja, consolidou a intensificação produtiva no Cerrado com essas culturas, resultando no aumento no volume de milho produzido em 54,3 milhões de

toneladas, graças à rotação soja/milho em SPD.

Como política pública, o SPD faz parte do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). Desde 2011, o Plano ABC incentiva produtores para adesão de tecnologias produtivas sustentáveis e comprovadamente eficientes na mitigação dos gases de efeito estufa. De acordo com a nota informativa elaborada em 2018 pela Coordenação de Agropecuária Conservacionista, Florestas Plantadas e Mudanças Climáticas sobre a adoção e mitigação de gases de efeito estufa pelas tecnologias do Plano ABC, foi demonstrado que, entre 2010 e 2016, o SPD expandiu em 9,97 milhões de hectares, correspondendo a 125% da meta proposta pelo governo para aumento da área cultivada com essa tecnologia no País até 2020 (8 milhões de hectares). Nesse mesmo período, de acordo com a série histórica da Conab, a área de milho safrinha aumentou 5,29 milhões de hectares, acompanhando o avanço da soja. Assim, considerando os dados do relatório e a área expandida de cultivo de milho safrinha no período de 2010 a 2016, pode-se observar que, com a tecnologia do SPD por meio do cultivo do milho semeado após a soja, esse sistema de rotação pode ter contribuído com 66% da meta proposta na política nacional do Plano ABC.

Considerando o potencial de mitigação anual proposto no Plano ABC para o SPD (1,83 Mg CO<sub>2</sub> equivalente ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) (Plano..., 2012) e o período de 2010 a 2016,



Foto: Gisele Rosso

o SPD foi responsável pela mitigação de 18,25 milhões Mg CO<sub>2</sub> equivalente, e, deste total, o cultivo do milho safrinha contribuiu com 9,6 milhões Mg CO<sub>2</sub> equivalente<sup>1</sup>.

O milho é a segunda cultura produtora de grãos no Brasil, atrás apenas da soja. Assim, com a possibilidade de cultivo em safrinha, a rotação soja/milho safrinha aumentou o rendimento econômico do produtor na mesma área, tornando este sistema sustentável. De acordo com

Borghi et al. (2019), fatores como os descritos acima tornam o milho indispensável para a intensificação sustentável da agricultura brasileira, possibilitando aumentar a oferta de alimentos em áreas já ocupadas pela agricultura, com sistemas produtivos cada vez mais intensivos, resilientes e otimizando o uso dos recursos naturais disponíveis (Resende et al., 2019).

### Contribuições da intensificação tecnológica da cultura do milho nas áreas de genética e biotecnologia para o efeito poupa-terra

Para atender a demanda mundial por alimentos e biocombustíveis nas próximas décadas, será necessário duplicar os rendimentos de culturas como milho, arroz,

<sup>1</sup> O cálculo efetuado, neste documento, refere-se apenas a uma estimativa, com o objetivo de evidenciar uma contribuição pelo cultivo do milho safrinha, tendo como referência o valor de mitigação proposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para o SPD. Para maior assertividade sobre a contribuição do milho safrinha, novos estudos devem ser conduzidos para conhecer o valor real de mitigação, considerando exclusivamente o sistema soja/milho.

trigo e soja (Ronald, 2011; Alexandratos; Bruinsma, 2012; FAO, 2012). Os aumentos de produtividade de milho no mundo ocorrem a uma taxa de 1,6% ao ano, e é necessário que essa taxa se eleve a 2,4% para garantir as demandas globais previstas para 2050 (Ray et al., 2013).

Estudos para avaliar os ganhos em produtividade obtidos para a cultura do milho nos EUA nos últimos 50 anos indicaram que 48% desses ganhos foram por causa do melhoramento genético e 52% por mudança nas práticas de manejo da cultura (Duvick, 2005). Esses estudos mostraram, ainda, que o ganho em produtividade na cultura do milho foi em razão, principalmente, da melhoria de características que promove maior eficiência na produção de grãos e maior resistência aos estresses bióticos e abióticos.

O progresso genético obtido pelo melhoramento de milho no Brasil foi estudado por Von Pinho et al. (2016). Verificou-se que entre 1976 e 2015 a produtividade de grãos da cultura aumentou 331% (de 1.632 kg ha<sup>-1</sup> para 5.396 kg ha<sup>-1</sup>) e que esse aumento em produtividade foi o maior responsável para que a produção nacional passasse de 19,3 milhões de toneladas para 84,3 milhões de toneladas nesse período. Um dos principais fatores para explicar esse aumento em produtividade do milho no Brasil foi a disponibilização de novos híbridos mais produtivos em conjunto com os ajustes realizados no sistema de produção. Oliveira (2013) compilou dados de produtividade oriundos de propriedades consideradas de médio a alto investimento, observando uma elevação da produtividade de 120 sacas ha<sup>-1</sup>

em 1976 para 185 sacas ha<sup>-1</sup> em 2009, com um ganho médio de 2 sacas ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Essas mudanças decorreram de estratégias de substituição de cultivares no Brasil, passando de híbridos duplos na década de 1970, para híbridos triplos nas décadas de 1980 e 1990. A partir de 2000, predominam no País os híbridos simples e transgênicos que permitem a máxima expressão da heterose. Esta última característica é definida como o aumento em produção ou vigor nas progênies a partir do inter cruzamento entre indivíduos contrastantes, possibilitando obter cultivares mais produtivas, resistentes a estresses e de manejo facilitado (Shull, 1908; Hallauer; Carena, 2009; Tang et al., 2010).

Cabe destacar, no Brasil, o grande impacto das mudanças em programas de melhoramento de milho decorrentes do advento da produção de milho segunda safra, conhecido como milho safrinha, implantado principalmente numa mesma área em sucessão às lavouras de soja. Figueiredo et al. (2015) relatam os efeitos da interação genótipo x ambiente quando os mesmos híbridos eram utilizados em condições de primeira safra e de safrinha. O melhoramento genético direcionado para seleção de cultivares de milho para a segunda safra tem focado em características como maior precocidade (ciclo mais curto permite que a cultura aproveite o final da estação chuvosa após a colheita da soja), *dry down* (secagem rápida que permite antecipar a colheita), *stay green* (planta continua verde e fotossintetizando enquanto os grãos secam), maior tolerância a acamamento e quebraamento (para permitir colheita

mecânica) e maior resistência a doenças. Isso permitiu que os novos híbridos para cultivo em segunda safra mostrassem maior adaptabilidade (produzir bem em diferentes regiões) e estabilidade de produção (menores variações na produção em diferentes épocas e anos).

Dentre as tecnologias que permitiram uma maior intensificação da produção de milho no País está a adoção da transgenia. O uso de lavouras com resistência ao glifosato possibilitou o controle de plantas daninhas em grandes áreas com um aumento na janela de aplicação do herbicida na cultura, permitindo realizar-se a dessecação da área antes do plantio. A segunda grande intervenção tecnológica da biotecnologia em milho foi o controle de insetos que, associado ao manejo integrado de pragas, foi fator fundamental para a obtenção de melhores resultados.

Com a liberação dos primeiros eventos transgênicos para a cultura do milho no País a partir do ano de 2007, a dinâmica na cadeia produtiva se alterou a tal ponto

que, na safra 2018/2019, cerca de 90% da área cultivada de milho correspondeu a cultivares geneticamente modificadas (Isaaa, 2018). De 166 cultivares de milho disponíveis para comercialização na safra 2018/2019, 123 eram portadoras de eventos transgênicos (Pereira Filho; Borghi, 2020). Esses dados atestam a aceitação dessa tecnologia por parte do agricultor e a resposta do mercado de sementes a essa demanda.

Estudo de 2018, conduzido pela Agroconsult e o Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB), intitulado *Impactos econômicos e socioambientais da tecnologia de resistência a insetos no Brasil: análise histórica, perspectivas e desafios futuros* (Impactos..., 2018), analisou o impacto econômico da adoção da transgenia nas culturas de soja, milho e algodão no período de 2010 a 2018. A receita adicional das três culturas somadas foi de R\$ 25,1 bilhões. Esse resultado é oriundo de uma produção adicional com o uso da tecnologia organismo geneticamente modificado (OGM) de controle de insetos



da ordem de 55,4 milhões de toneladas de grãos, sendo 4,55 milhões de toneladas de soja, 50,8 milhões de toneladas de milho e 46 mil toneladas de algodão. Em relação a custos, constatou-se a ocorrência de um investimento adicional de R\$ 3,6 bilhões, com os gastos em sementes transgênicas, superando a economia com a redução de defensivos. Isso resultou em R\$ 21,5 bilhões de lucros agregados e R\$ 17,5 bilhões em relação ao milho. O estudo ressalta ainda que parte expressiva dos benefícios atribuídos à tecnologia de resistência a insetos pode ser analisada sob o ponto de vista ambiental. De acordo com as estimativas, houve uma retirada de 2,6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente da atmosfera, com a redução de 112 mil toneladas de inseticida, 144 milhões de litros de combustível e redução de área plantada no período de 2013 a 2018. Ademais, o estudo da Agroconsult/CIB (Impactos..., 2018) é um projeção até 2027/2028, mensurando benefícios agregados da ordem de 107,1 milhões de toneladas, R\$ 70,5 bilhões em faturamento, redução total dos custos em R\$ 15,8 bilhões e R\$ 86,3 bilhões em lucros totais. Essas informações desagregadas para a cultura do milho foram estimadas em 86,1 milhões de toneladas, R\$ 40,4 bilhões em faturamento, redução total dos custos em R\$ 3,2 bilhões e R\$ 86,3 bilhões em lucros totais. Em termos de tecnologias portadoras de futuro para avanço da genética de milho no Brasil, percebe-se cada vez mais a importância de tecnologias como:

- Introgessão de germoplasma elite, principalmente de origem temperada em combinação com material tropical, visando aumentar os efeitos de heterose para ganhos genéticos na cultura.
- Aplicação de fenotipagem em larga escala, como uso de drones e câmeras hiperespectrais para avaliação do desenvolvimento de cultivos.
- Aplicação de estratégias para relacionar de forma mais fidedigna o fenótipo com o genótipo, o que inclui o uso de técnicas para genotipagem e/ou sequenciamento de genomas.
- Busca de estratégias que possibilitem a redução do tempo para desenvolvimento de novas cultivares, como aumento dos ciclos/ano de avaliação/avanço de cultivares, a seleção assistida para acelerar a introgessão de caracteres, o uso de tecnologia de duplo-haploides, e o resgate de embrião dentre outras estratégias.
- Uso de transgenia e/ou edição de genomas para obtenção de cultivares com características de interesse de forma mais direcionada e assertiva.

## Fertilidade do solo e sua relação com a intensificação sustentável da cultura do milho

A maior parte da superfície agricultável do Brasil é composta por solos muito intemperizados, oxidícos e naturalmente desprovidos de reservas abundantes de nutrientes. Por isso, a construção química da fertilidade constitui a etapa inicial e a base indispensável para que a intensificação de uso das terras seja bem sucedida. Como resultado de pesquisas iniciadas há mais de 50 anos, já estão

bem estabelecidas e razoavelmente disseminadas as práticas envolvendo a utilização de corretivos e fertilizantes para que solos ácidos e nutricionalmente deficitários possam se tornar aptos a suportar atividades de produção agropecuária rentáveis.

Onde a terra é cultivada de forma tecnicada, com lavouras há mais tempo, o efeito residual das adubações sucessivas promove o incremento gradual das reservas de nutrientes no sistema. Como consequência desse processo, consolida-se uma tendência de aumento de áreas em que a disponibilidade atual de nutrientes já se encontra acima dos níveis críticos, caracterizando os solos de fertilidade construída. Para as lavouras nessa condição, emergem oportunidades de uso mais racional de fertilizantes, sem perda de rendimento das culturas, mantendo a fertilidade do solo e aumentando a rentabilidade ao produtor (Resende et al., 2019).

A consolidação do uso de sistemas conservacionistas de manejo, como o SPD com diversificação de espécies, é outro fator que tem favorecido a melhoria da fertilidade. Essa vantagem decorre da prevenção de perdas por processos erosivos e por indisponibilização de nutrientes, mas, sobretudo, pela conservação da matéria orgânica do solo, incrementando o potencial produtivo das lavouras e, por consequência, o efeito poupa-terra. Dados da Embrapa Cerrados comprovaram que o SPD consolidado possibilita produtividade de milho 6% maior que no sistema de preparo convencional do solo (Sousa et al., 2016). Conforme o histórico de

manejo cultural e de adubações, é possível produzir satisfatoriamente com ajustes para redução das doses de fertilizantes nas adubações de manutenção, a exemplo dos adubos fosfatados, cujas taxas de aproveitamento podem aproximar-se de 100% no SPD (Sousa et al., 2016), condição de eficiência muito superior às reportadas até então.

Historicamente, o desempenho da agricultura brasileira tem mantido estreita e direta relação com a utilização de adubos. Ao longo das últimas 5 décadas, a produção e a produtividade das principais culturas vêm aumentando, em paralelo com o crescimento no consumo de fertilizantes. Entre 2000 e 2015, o uso de fertilizantes cresceu 87%, convergindo no significativo aumento de 150% na produção de grãos, no mesmo período (Embrapa, 2018). Ao constituir um dos fatores que promovem a elevação do rendimento por área, a adubação tem contribuído para reduzir a pressão de abertura de novas terras para uso agrícola no País (Lopes; Guilherme, 2007). Portanto, como a expansão de área cultivada vem ocorrendo em proporção bem menor do que os acréscimos na demanda de fertilizantes, fica claro que esse investimento na manutenção da fertilidade dos solos é uma das tecnologias de produção agropecuária que contribuem para o efeito poupa-terra no Brasil.

O milho ocupa a segunda posição em área cultivada, após a soja, e o consumo de nutrientes nessas duas culturas corresponde a mais de 50% dos fertilizantes aplicados aos solos brasileiros atualmente. Na esteira dos avanços tecnológicos,

as estatísticas do uso de fertilizantes no Brasil confirmam que a cultura do milho evoluiu quanto à eficiência produtiva, em que os crescentes ganhos de rendimento por área ocorreram paralelamente a uma menor dependência de fornecimento de nutrientes.

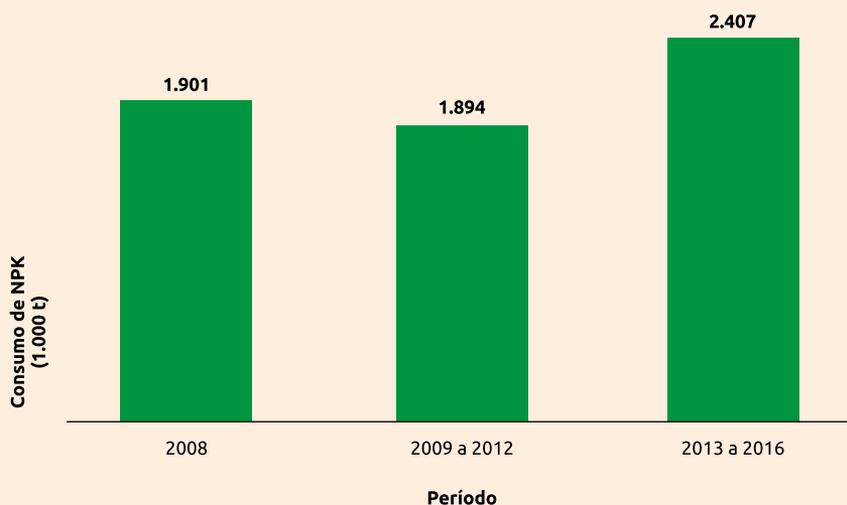
Comparando as entregas de fertilizantes NPK no ano de 2008 com a média dos anos de 2013 a 2016, verifica-se um aumento de cerca de 27% no consumo global da cultura no período (Figura 4). Já a correspondente quantidade aplicada por hectare de milho cultivado teve um incremento menor, de 17%, enquanto a relação de consumo de NPK para cada tonelada de grãos produzida apresentou decréscimo de 13% no mesmo período (Figura 5). Portanto, esses indicadores reforçam a percepção de que a crescente produção de milho ao longo da série histórica se concretizou, muito mais pelos

ganhos de eficiência produtiva decorrentes do desenvolvimento e aplicação das tecnologias de cultivo, do que pelo aumento da área plantada.

## Tratos culturais

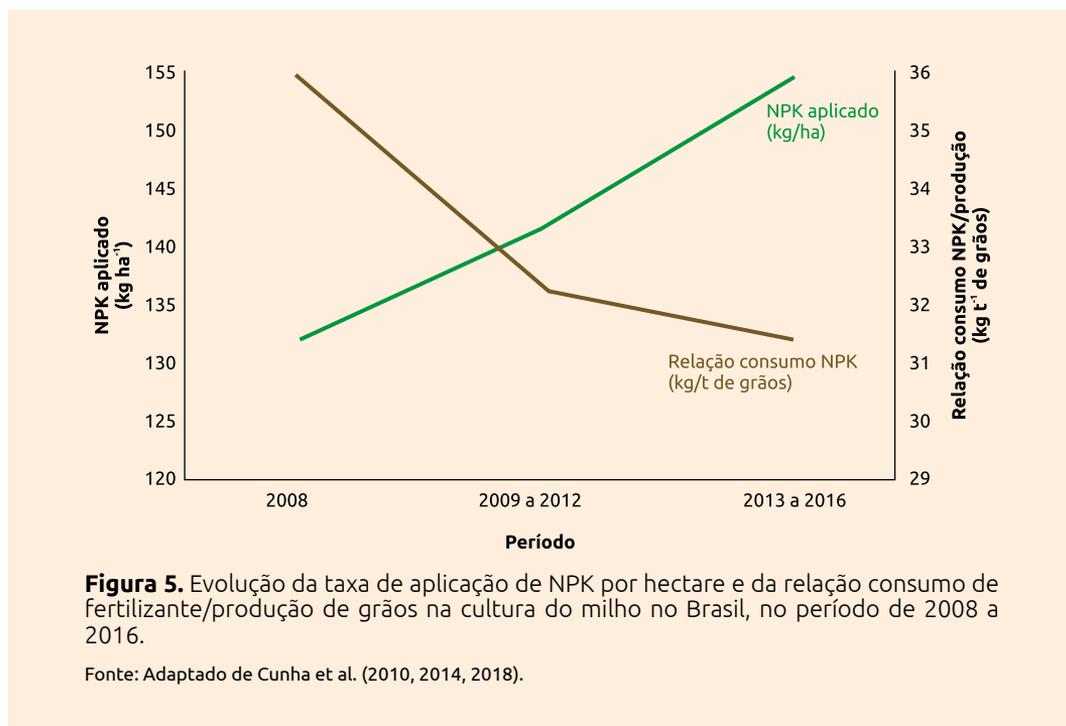
### O manejo de plantas daninhas

As plantas daninhas deveriam ser consideradas o principal problema para a agricultura mundial, uma vez que a organização ambiental da Nova Zelândia (*Land Care of New Zealand*) estima as perdas mundiais ocasionadas pelas plantas daninhas na ordem de 95 bilhões de dólares por ano, e 78% deste valor é perdido nos países em desenvolvimento (FAO, 2009). As perdas estimadas pelas plantas daninhas, em porcentagem de redução do rendimento, estão entre 5% e 10% em países desenvolvidos e de 20% a 30% em



**Figura 4.** Evolução do consumo global de fertilizantes NPK na cultura do milho no Brasil, no período de 2008 a 2016.

Fonte: Adaptado de Cunha et al. (2010, 2014, 2018).



países em desenvolvimento (FAO, 2006). Já para Oerke (2006), o potencial de perda por plantas daninhas é de 34%, enquanto a perda média atual está na casa de 10%, isto em razão do uso de tecnologias para o controle dessas plantas. Considerando a perda de 10% como certa, pode-se dizer que, nas últimas três safras, o Brasil pode ter deixado de colher mais de 50 milhões de toneladas de grãos em função da presença de plantas daninhas no campo. Contudo, no cenário mais otimista, considerando que as perdas nacionais estão entre as mais baixas no mundo, o Brasil deixou de produzir por volta de 12 milhões de toneladas de grãos na safra 2019/2020.

As reduções na produtividade do milho pelo efeito das plantas daninhas foram

estimadas mundialmente, em 2001 a 2003, entre 5% e 19%, sendo o menor valor encontrado na Europa e o maior índice encontrado na África. Entretanto, o potencial médio de perda pode chegar a 40% (Oerke, 2006).

O efeito ocasionado pelas plantas daninhas pode ser classificado de duas maneiras:

- 1) Direto, ocasionado pela interferência no quantitativo da redução da produtividade
- 2) Indireto, em que ocorre a depreciação da qualidade dos grãos colhidos no momento da comercialização.

Com a introdução de tecnologias que propiciaram o agricultor manejar as plantas daninhas de maneira mais

econômica e prática, cita-se a introdução de genes tolerantes a plantas daninhas. Atualmente, a eficácia do manejo de plantas daninhas por meio da aplicação de boas práticas agrícolas tem reduzido os custos de produção no sistema soja/milho sem degradação do meio ambiente, embora possam ser vistos casos pontuais de infestação de plantas daninhas de difícil controle e da presença de espécie que apresenta resistência a herbicidas.

Tecnologias como o uso de herbicidas na dessecação de plantas, sejam elas daninhas ou de cobertura, visando à implantação do SPD, contribuíram com o sucesso da rotação e/ou sucessão de culturas, beneficiando assim os produtores e o meio ambiente. Isso propiciou a não abertura de novas áreas para o cultivo de milho. A rotação soja/milho ocupa 74% da área de milho no Brasil, o que só foi possível com uso de tecnologias, em especial, o manejo de plantas daninhas.

### Manejo integrado de pragas

Quando se usa corretamente as tecnologias para o manejo integrado de pragas (MIP) do milho, observamos o efeito poupa-terra a partir da manutenção dos ganhos em produtividade alcançados nas últimas décadas, incluindo diferentes tecnologias nas mais diversas áreas, a exemplo da genética (milho *Bt*). O controle de pragas é uma questão crucial na produção, pois, se não for bem conduzido e utilizar os métodos corretos, pode causar perda de boa parte dos investimentos financeiros na lavoura, o que interferirá

diretamente no retorno financeiro almejado pelos produtores. Em casos extremos, o custo para o controle torna-se inviável levando ao abandono de lavouras, o que, por si só, pode representar um aumento no foco de pragas para toda a região onde tal situação ocorrer.

Não é possível ignorar o fato de que, no Brasil, a principal safra de milho é a segunda (safrinha), a qual ocorre em períodos do ano com maiores riscos climáticos, como o estresse hídrico. Essas condições climáticas favorecem a ocorrência de pragas importantes que têm causado grandes prejuízos, como a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), inseto-vetor de patógenos responsáveis pelo enfezamento do milho, cujas perdas podem representar 80% da safra dependendo do clima e da cultivar utilizada. Outro inseto importante na cultura da segunda safra é o percevejo barriga-verde (*Diceraeus ssp.*), sobretudo para lavouras de milho cultivadas após a soja, onde esse inseto também é praga. Esse inseto reduz o potencial produtivo da lavoura quando seu ataque ocorre na fase inicial do cultivo, pois succiona a seiva da planta nova, introduz toxinas que causam o sintoma conhecido como encharutamento da planta, que fica suprimida na lavoura. Já a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) ocorre em todas as regiões onde se cultiva milho no País, na primeira e na segunda safra. Suas injúrias causam danos econômicos desde a germinação da lavoura e grandes infestações podem reduzir o estande final de plantas na lavoura e ainda ser porta de entrada para fungos e micotoxinas, que também trazem prejuízos. No entanto, o maior problema causado pelo



Foto: Fábio Gomes da Silva

ataque da lagarta-do-cartucho é mesmo na fase vegetativa, em que causa desfolhas nas lavouras e reduz o potencial produtivo. Esses insetos-praga têm sido manejados tanto com o uso de tecnologias transgênicas *Bt* incorporadas às cultivares (voltada principalmente para o controle de lagartas como a *Spodoptera*), quanto pelo uso de inseticidas químicos, muito embora nos últimos anos tenha sido crescente a adoção de inseticidas biológicos.

Em 2020, a área cultivada com milhos transgênicos representou 93% da área total cultivada com o cereal (Galvão, 2019; Conab, 2020c). Pereira Filho e Borghi (2020) identificaram 196 novas cultivares de milho para diferentes finalidades e

regiões de cultivo; desse total, 131 apresentam tecnologias transgênicas. Esse grande percentual de adoção da tecnologia deve-se, sobretudo, às vantagens de utilização. Em um estudo de impacto global do uso de plantas geneticamente modificadas, entre 1996 e 2005, sobre os ganhos econômicos dos agricultores, foi demonstrado que houve ganhos econômicos significativos para o agricultor, com um total acumulado favorável de 27 bilhões de dólares, comparado ao que seria ganho se a tecnologia *Bt* não fosse adotada (Brookes; Barfoot, 2006). Além dos ganhos econômicos, tem-se a redução na aplicação de inseticidas, principalmente daqueles de amplo espectro (Munkvold et al., 1999; Dowd et al., 2000; Giles et al., 2000; Huang et al., 2002; Colli,

2011). No Brasil, além dos benefícios supracitados, a facilidade nos tratos culturais e a melhoria da logística no campo são citados como principais vantagens dessa tecnologia. Como uma desvantagem dela, pode-se citar o crescente registro de resistência da lagarta-do-cartucho às tecnologias *Bt*.

Os insetos-praga podem impactar a produção das lavouras de milho por meio da redução de estande, redução da capacidade produtiva das plantas, redução da qualidade e inviabilização das partes comercializadas da cultura. Os danos às estruturas comercializadas influenciam diretamente nas produtividades das culturas (Pereira et al., 2000; Giolo et al., 2006). Nesse sentido, medidas de controle são adotadas com intuito de minimizar tais perdas. Atualmente, existe tendência da adoção de medidas de controle com menor impacto ao ambiente. Contudo, independente de qual tecnologia se adote para o controle de pragas, não se pode negar que elas representam uma boa fatia no custo de produção. Apenas os inseticidas chegaram a representar 5,69% do custo de produção. Se forem considerados todos os agrotóxicos utilizados durante o ciclo do milho, estes podem representar 16,6% do custo de produção da cultura, na safra 2019/2020 (Conab, 2019). Estima-se que sejam gastos, anualmente, no Brasil, algo em torno de US\$ 60 milhões em inseticidas para o manejo das principais pragas do milho, sem contar custos relativos ao uso das tecnologias *Bt*, que já vêm embutido no custo da semente.

Minimizar o potencial destrutivo dos insetos-praga nas lavouras é fundamental

para manutenção da produtividade. Nesse contexto, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), fundações e universidades, além da iniciativa privada, trabalham para suprir o mercado com técnicas e tecnologias de maior efetividade e menor custo. O uso de boas práticas agrícolas e a adoção do MIP, na condução das lavouras de milho como estratégia de monitoramento, podem contribuir para otimização das ferramentas de controle, mantendo a produtividade, ao mesmo tempo em que promovem a sustentabilidade do agroecossistema e ajudam a manter as áreas produtivas ao longo do tempo.

## Novas tecnologias para incrementar a produtividade do milho sem necessidade de abertura de novas áreas

### Zoneamento agrícola de risco climático

Os fatores climáticos determinam a produtividade agrícola. As adversidades climáticas como seca, excesso hídrico, geada, granizo e chuva na colheita são responsáveis por altas taxas de perdas em cada região do Brasil. Essas perdas significam redução na produção e na renda do agricultor, levando-o a acrescentar mais área na sua produção nas safras seguintes. Segundo o Banco Mundial, o Brasil perde, anualmente, mais de R\$ 11 bilhões, cerca de 1% do produto interno bruto (PIB) agrícola, em valores de 2015,

com riscos advindos de intempéries climáticas (Arias et al., 2015).

A fim de reduzir os riscos de frustrações de safra, o zoneamento agrícola de risco climático (Zarc), instrumento de políticas agrícolas e gestão de risco aplicado aos programas de crédito agrícola e seguro de safra do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), foi desenvolvido com o objetivo de minimizar perdas nas lavouras causadas por eventos climáticos adversos.

O Zarc identifica áreas ou regiões com condições edafoclimáticas satisfatórias ao desenvolvimento das culturas e as épocas de menor risco para o cultivo, o que assegura o melhor aproveitamento das suas potencialidades genéticas e apresenta ganhos de produtividade aliados às reduções de perdas (Santos; Martins, 2016). No caso do milho e do consórcio milho+braquiária, o Zarc indica datas ou períodos de plantio/semeadura para a cultura nas 1ª e 2ª safras, considerando as características do clima, dos tipos de solos e ciclos das cultivares recomendadas para cada município do Brasil, de forma a evitar que adversidades climáticas coincidam com as fases mais sensíveis da cultura, minimizando as perdas agrícolas.

A adoção pelos agricultores das janelas de plantio indicadas pelo Zarc tem possibilitado maiores produtividades e rentabilidade no cultivo do milho e demais culturas, aumentando a produção nacional. Com a ampliação das datas de plantio e oportunidades de expansão em áreas já cultivadas, há maior oferta de

grãos no mercado e, conseqüentemente, menor pressão por abertura de novas áreas, atuando como efeito poupa-terra.

É importante salientar que o Zarc é um elemento fundamental para o aumento da área plantada de milho na segunda safra, em sucessão a outras culturas. A revisão das informações contidas no Zarc possibilita a expansão do cultivo visando à redução de perdas e aumentando a viabilidade do cultivo de milho em determinadas regiões, haja vista as condições restritivas para safrinha de milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (em razão do risco de geadas), ou mesmo as deficiências hídricas em épocas cruciais ao desenvolvimento do milho no outono/inverno na região Centro-Oeste.

### **Sistema Antecipe – Cultivo intercalar do milho nas entrelinhas da soja**

Em termos de impactos futuros de novas tecnologias que contribuirão para o efeito poupa-terra, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu um sistema de produção que envolve o plantio mecanizado da cultura do milho nas entrelinhas da soja, a partir do estágio de desenvolvimento R<sub>5</sub> da leguminosa, segundo a escala de desenvolvimento proposta por Fehr e Caviness (1977), citados por Farias et al. (2007). Esse sistema, denominado Antecipe (entrada com processo pra registro de marca), é inovador e disruptivo para a agricultura brasileira, planejado a partir de um conhecimento adquirido por mais de 13 anos de pesquisas visando à implantação da cultura do milho nas regiões agrícolas onde a safrinha ainda

não foi plenamente estabelecida. Essa estratégia de produção agrícola favorece o estabelecimento precoce da cultura do milho, com redução de riscos de perda de produtividade na safrinha, possibilitando o plantio de milho em regiões com restrições climáticas desfavoráveis a partir do final do período do verão e início de outono, bem como provável redução no custo com a exclusão da dessecação da cultura da soja, já que o plantio do milho é feito na entrelinha da oleaginosa antes de sua colheita. Com o Antecipe, será possível antecipar a plantio do milho safrinha em até 20 dias em determinadas regiões do País, a partir dos resultados obtidos em pesquisas realizadas em algumas regiões do bioma Cerrado descritos detalhadamente em Karam et al. (2020). Além disso, pode ser utilizado nas regiões com maior experiência em safrinha, permitindo o uso de cultivares de soja de ciclo mais longo, notadamente mais produtivas que as cultivares precoces, sem prejuízo

em produtividade do milho safrinha na sequência.

O início dos trabalhos foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Diversos profissionais especializados de diferentes áreas de conhecimento e especialização profissional em máquinas agrícolas desenvolveram um protótipo de semeadora-adubadora inexistente no mercado brasileiro, buscando realizar a operação mecanizada juntamente com a adubação de plantio nas entrelinhas da soja, sem que haja danos mecânicos, amassamento, perda de área foliar ou outro prejuízo que comprometa a produtividade da oleaginosa (pedido de patente BR 10 2020 009566 8, referente a protótipo de semeadora-adubadora pra uso no sistema intercalar).

Um destaque do sistema é o fato do plantio de milho ocorrer nas entrelinhas da soja de maneira sincronizada, de forma que, no momento da colheita



Foto: Décio Karam

da oleaginosa, as plantas de milho estejam em desenvolvimento vegetativo na área, até estágio V5. O processo de corte da planta de milho pela colhedora não acarreta em prejuízo no seu desenvolvimento, uma vez que o seu meristema (ponto de crescimento) se encontra abaixo da superfície do solo, possibilitando uma plena recuperação fisiológica da planta de milho em condições de campo (Magalhães; Durães, 2006). Assim, após a passagem da colhedora retirando da área a cultura oleaginosa, as folhas remanescentes do milho serão responsáveis pela retomada do potencial produtivo da cultura.

Essa estratégia de cultivo promove ganhos consideráveis nos sistemas de sucessão e/ou rotação soja/milho, uma vez que:

- Favorece o estabelecimento precoce da cultura do milho com redução de riscos de frustração por perda de produtividade.
- Possibilita o plantio de milho em regiões com restrições climáticas desfavoráveis a partir do final do período do verão e início de outono.
- Permitirá o cultivo do milho em regiões onde o Zarc limita o cultivo desta cultura na época de outono.
- Possibilita redução no custo com a operação de dessecação da cultura da soja pois, com o Antecipe, não será necessária a dessecação da soja utilizando um herbicida de contato para antecipar a colheita da oleaginosa e permitir o plantio de milho safrinha dentro da época ideal.
- Possibilita aumento de produtividade de milho safrinha por meio de melhores práticas de tratos culturais.
- Permite redução no custo com a operação de dessecação das plantas daninhas pós-colheita da cultura da soja.

## O papel do milho nas transformações da pecuária

Segundo Martha Júnior et al. (2012), existe uma crítica recorrente de alguns setores de que a produção de carne bovina no Brasil é caracterizada pela baixa produtividade e que só seria economicamente viável por meio da expansão da área de pastagem. Contudo, segundo os autores, esse é um quadro desatualizado da pecuária de corte brasileira, sendo mais representativo do período de 1950 a 1975, quando os ganhos de produtividade foram de apenas 0,28% ao ano. Segundo o estudo, a situação mudou consideravelmente nas últimas décadas. No período de 1975 a 1996, os aumentos de produtividade foram de 3,62% ao ano, enquanto, no período de 1996 a 2006, o acréscimo anual foi de 6,64%.

Sem tais ganhos de produtividade, para atender os níveis de produção de carne bovina em 2006 com a produtividade de 1950, seria necessária uma área adicional de pastagem de 525 milhões de hectares. Tal área seria 25% maior que o bioma da Amazônia. Somente para o período de 1996 a 2006, os ganhos de produtividade da pecuária de corte pouparam

73 milhões de hectares da Amazônia (Martha Júnior et al., 2012).

Apesar do claro avanço na produtividade da pecuária de corte, ainda há um longo caminho a percorrer para que o País se equipare à eficiência produtiva da pecuária intensiva dos EUA, que são o maior produtor mundial de carne bovina, segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – Abiec (2020). Em 2019 esse país produziu 12,3 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC) de carne bovina a partir de um rebanho efetivo de 94,5 milhões de cabeças. Os EUA produzem mais carne com menos cabeças em decorrência de uma pecuária mais intensificada com um maior uso da prática de confinamento.

No confinamento, a terminação dos bovinos de corte é realizada em um período muito mais curto do que no sistema somente a pasto. Ao se produzir mais arrobas em menor tempo, o pecuarista libera a terra para a agricultura. Assim, sistemas intensivos pecuários também possuem um amplo efeito poupa-terra.

Nos sistemas de confinamento, a cultura do milho tem papel fundamental na alimentação do rebanho, seja utilizada como forragem (silagem) ou via subprodutos de outras atividades, como o *Dried Distillers Grains (DDG)* – Grãos Secos por Destilação. O DDG é um subproduto da moagem úmida do milho para a produção de etanol e, devido ao alto teor de





Foto: Cisele Rosso

proteína, é um substituto do farelo de soja na composição de rações, constituindo um produto de grande valor para a pecuária.

Segundo pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Usda), o DDG se estabeleceu como um mercado de grande valor. A produção de etanol nos EUA consumiu 37% do milho colhido no País em 2017/2018, resultando na produção de 38,5 milhões de toneladas de DDG. Além de abastecer o grande mercado da pecuária doméstica, o DDG é cada vez mais comercializado internacionalmente. Em 2017/2018, os EUA exportaram 12 milhões de toneladas de DDG para países com pecuária em expansão, como México, Tailândia e Vietnã. Com as expectativas de crescimento da produção de etanol a partir do

milho no Brasil, o DDG pode se tornar um elemento-chave para a transformação da pecuária no País (Olson; Capehart, 2019).

O crescimento da prática de confinamento no Brasil tem dado uma contribuição significativa no aumento da produtividade da pecuária de corte. Segundo o anuário da pecuária brasileira produzido pela FNP Consultoria & Comércio (1999), em 1991 um efetivo de 785 mil cabeças de gado foi terminados em confinamento. Dados recentes fornecidos pela Abiec (2020) apontam que o número de bovinos confinados no Brasil em 2019 atingiu a marca de 6,09 milhões de cabeças, um aumento de quase oito vezes no período 1991–2019.

Os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) em relação à área de pastagens no Brasil dão um indicativo do investimento

na pecuária nas últimas décadas. Nesse levantamento, a área de pastagens em 1970 e 2017 foram, respectivamente, de 154 milhões e 160 milhões de hectares, mas há uma diferença qualitativa nesses números. Em 1970, as pastagens cultivadas representavam 19% da área total de pastagens, enquanto, em 2017, esse percentual subiu para 70%. Como resultado disso, a taxa de lotação (área/cabeças)<sup>2</sup> passou de 1,96 para 0,92 no período, indicando uma menor utilização de terras por cabeça de gado. Parte desse resultado pode ser atribuído ao fato da atividade extrativista da pecuária sem uso das tecnologias disponíveis para aumento da oferta de forragem.

Uma estratégia de produção que tem contribuído para a transformação da pecuária brasileira é a chamada ILPF, que integra diferentes sistemas produtivos dentro de uma mesma área. Esses diferentes sistemas produtivos integrados otimizam o uso da terra e podem ser articulados em quatro modalidades: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); integração lavoura-pecuária (ILP); integração pecuária-floresta (IPF); e integração lavoura-floresta (ILF). Segundo a Associação Rede ILPF (Rede ILPF, 2020), a área estimada de adoção de ILPF saltou de 1,87 milhão de

hectares em 2005 para 15 milhões em 2018, sendo que mais de 80% dessa área utilizou a modalidade ILP.

Na ILP, áreas de pecuária com baixa produtividade e pastagens degradadas são recuperadas com lavouras de grãos. Nesse ponto, destacam-se o milho e a soja que, além de aumentarem a capacidade de suporte do pasto, também fornecem alimentos ao rebanho sob confinamento, reduzindo os custos de suplementação e a necessidade de aquisição de fontes energéticas externas à propriedade. Segundo Martha Júnior e Vilela (2009), o efeito poupa-terra advindo de ganhos de produtividade na integração lavoura-pecuária, em particular o componente de pecuária, é tido como um fator-chave para permitir a expansão da produção de alimentos e de biocombustíveis no País, com mínima pressão sobre a vegetação nativa.

## Integração Lavoura-Pecuária

Frente ao desafio de ampliação da produção de alimentos e fibra via aumentos na produtividade, a utilização das culturas de milho em sistemas de produção com ILP tem se mostrado extremamente viável do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, contribuindo ainda para o processo de construção da fertilidade dos solos e para a intensificação sustentável de sistemas de produção convencionais. Esse modelo de exploração apresenta diversas vantagens, tais como: melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; quebra de ciclos de doenças; redução da infestação de insetos-praga e de plantas daninhas;

<sup>2</sup> Usualmente a literatura trata a taxa de lotação como uma razão número de cabeças por unidade de área (hectares) (Martha Júnior; Vilela, 2009; Martha Júnior et al., 2012; Vieira Filho, 2018). Contudo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Censo Agropecuário (IBGE, 2018), trata esse indicador como uma razão área por cabeças. Pode-se dizer que a definição da literatura é mais intuitiva e alinhada com o termo taxa de lotação, mas, como o presente documento utilizou a informação do IBGE do Censo Agropecuário, optou-se pelo uso dessa abordagem ao analisar a informação.

e redução no custo de recuperação e renovação de pastagens (Vilela et al., 2011).

Na maior parte do Brasil, onde a pecuária está embasada em áreas de pastagens, existe a necessidade de conservação de forragens/alimentos, principalmente para as épocas secas do ano, em que, por falta de água ou baixas temperaturas, as espécies de capins presentes não produzem forragem suficiente para alimentação do rebanho. Nesses sistemas de produção, com a utilização do milho pode-se obter grande produção de alimentos na propriedade rural.

Nesse processo de intensificação sustentável no âmbito da ILP, a cultura do milho se destaca como estratégica por causa das inúmeras aplicações que esse cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada (silagem), na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente.

Nesse consórcio, a principal cultura utilizada na ILP tem sido o milho (*Zea mays* L.), seja em função de sua versatilidade (produção de grãos ou forragem) ou pela sua competitividade no consórcio em virtude do rápido crescimento inicial e porte alto, o que facilita a competição com os outros componentes (ex.: pastagem plantada) e, no caso da colheita de grãos, permite que seja feita a colheita mecanizada (Borghini; Crusciol, 2007; Santos et al., 2011; Borghini et al., 2012, 2013; Pariz et al., 2016). Soma-se a isso a existência de um grande número de cultivares comerciais adaptadas às diferentes regiões do Brasil

(Pereira Filho; Borghini, 2020), possibilitando o cultivo desse cereal de Norte a Sul do País e a boa disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes seletivos ao milho. Esses fatores permitem obter-se resultados excelentes com o consórcio milho + capim.

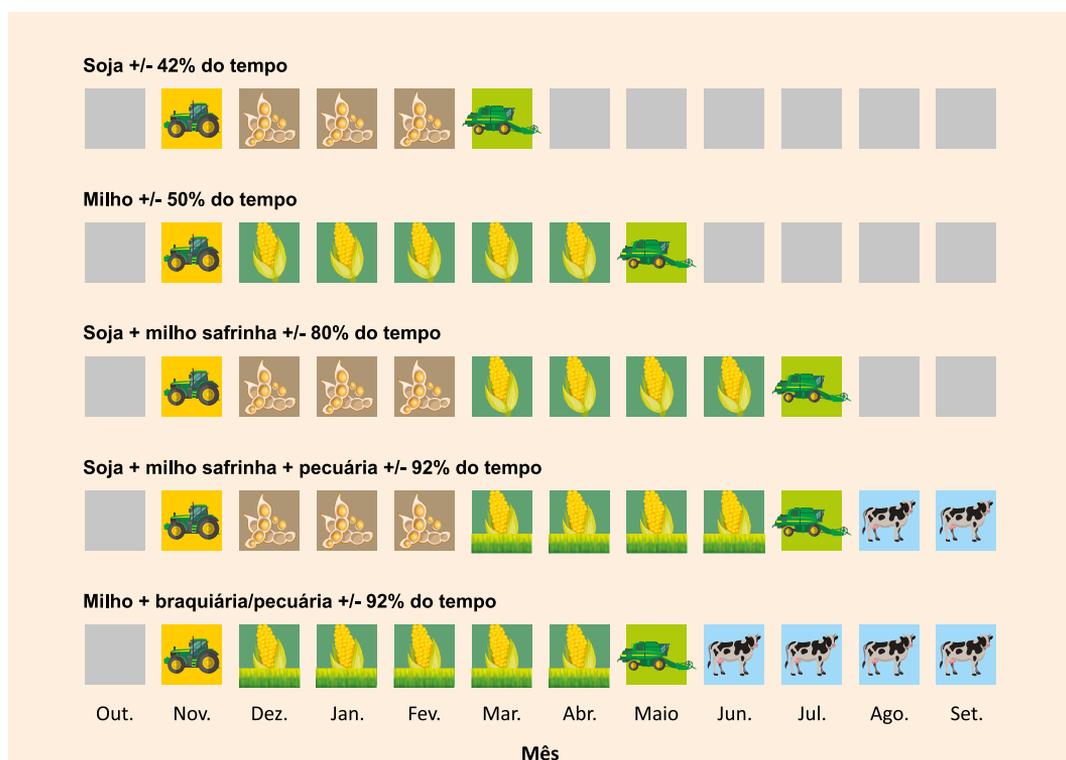
Outro aspecto da ILP tem sido a utilização de culturas anuais empregadas com sucesso em rotação, consorciação e/ou sucessão com forrageiras tropicais perenes em áreas visando à recuperação ou renovação das pastagens (Salton et al., 2013; Gontijo Neto et al., 2018). Nesse sentido, os sistemas de consorciações de culturas anuais, especialmente milho, com forrageiras tropicais perenes têm se apresentado bastante viáveis do ponto de vista agrônomo e, principalmente, econômico (Gontijo Neto et al., 2018).

Assim, tecnologias como os sistemas indiretos de recuperação/renovação de pastagens com base na consorciação de espécies vegetais são utilizadas por produtores rurais da região do Cerrado desde o início da década de 1980, com destaque para o Sistema Barreirão (Oliveira et al., 1996). Com ele foi possível recuperar ou reformar imensas áreas com pastagens degradadas, especialmente no Brasil Central. Ainda hoje ele é usado com essa finalidade, servindo como preparação inicial para implantação de sistemas integrados de produção. Posteriormente, para áreas onde se poderia utilizar o SPD, foi desenvolvido o Sistema Santa Fé (Kluthcouski et al., 2000), que se fundamenta na semeadura consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, com as principais espécies de forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros

*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Megathirsus* (Syn. *Panicum*). Mais recentemente, foi desenvolvido o Sistema Santa Brígida, com a inclusão de leguminosas consorciadas ao milho (Oliveira et al., 2010). Nesse sistema, a cultura anual apresenta grande performance de desenvolvimento inicial e exerce alta competição sobre as forrageiras, evitando, assim, redução significativa na produtividade de grãos.

Nas diversas regiões do Brasil, a realização das semeaduras de milho em consórcio com forrageiras tropicais perenes, tanto na safra quanto na segunda safra (safrinha), tem contribuído significativamente no aumento da oferta de milho por meio da intensificação do uso da mesma área. Ela

tem ainda viabilizado a produção pecuária em áreas agrícolas, aumentando os índices de produtividade em empreendimentos pecuários, com conseqüente ampliação do período de utilização dos fatores de produção (Figura 6) e levado a uma redução da pressão por abertura de novas áreas. Assim, além da produção de grãos de alto valor energético, a ILP, por meio da consorciação do milho com capins, pode incrementar a produção de forragem na propriedade, seja com a produção de silagem ou corte verde. Isso tem sido feito pelo semeio consorciado dessas culturas com forrageiras tropicais perenes e tem permitido elevar a capacidade de suporte das áreas de pastagens recuperadas (após a cultura), disponibilizando essas áreas,



**Figura 6.** Intensificação na utilização dos fatores de produção em função da utilização da consorciação e sucessão de atividades.

Fonte: Vilela et al. (2016).

com uma pastagem de ótima qualidade nutricional, para pastejo no período crítico do ano (seca).

A integração de atividades agrícolas e pecuárias, alcançadas de forma prática pela sucessão e consorciação do cultivo do milho com capins, pode, assim, ampliar para 92% o tempo de utilização de áreas agrícolas com atividades com retorno econômico direto, e, nos casos em que a área seja utilizada como pastagem na safra seguinte, esse tempo de utilização chega a 100% durante o ano.

## Perspectivas

A Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, deu início a uma discussão mais ampla dos impactos negativos da ação humana sobre o meio ambiente. Contudo, foi com a presença maciça de autoridades de estados na Rio-92 que os países ao redor do mundo deram um indicativo de que a degradação ambiental passaria a se tornar, em algum momento nas décadas vindouras, uma questão prioritária.

Em decorrência da grande extensão florestal e o desmatamento para a abertura de novas áreas para a atividade econômica, o Brasil tem sido colocado no centro dos holofotes da questão ambiental. O uso das imagens de satélites pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), a partir de 2004, permitiu ao País dimensionar e monitorar o problema. Nesse contexto, estratégias e políticas públicas que favoreçam a ocorrência do efeito poupa-terra devem ser incentivadas e divulgadas para o grande público. A cultura do milho, pelo dinamismo

intrínseco da cultura, é um elemento fundamental dentro dos sistemas agropecuários do País que contribuem para o chamado efeito poupa-terra.

Além das iniciativas focadas no meio ambiente, a Organização das Nações Unidas (ONU) também tem realizado ações para angariar esforços em prol do desenvolvimento humano. A cúpula da ONU, em 2000, estabeleceu oito objetivos internacionais de desenvolvimento para o ano de 2015, conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Em 2015, deram continuidade a iniciativa e trabalharam com os governos, a sociedade civil e outros parceiros para estabelecer uma nova agenda de desenvolvimento pós-2015. Nesse contexto, foi estabelecida a chamada Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas (Brasil, 2020).

A cadeia do milho e o efeito poupa-terra oriundo da adoção de tecnologias e práticas agrícolas também têm contribuições aos ODS. Nesse sentido, destaca-se a contribuição ao ODS 2 (Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável); ODS 13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos) e ODS 15 (Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade).

Por fim, cabe ressaltar que várias das tecnologias atreladas à cultura do milho que resultaram no efeito poupa-terra também receberam apoio e incentivos por políticas públicas. Destaca-se o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), composto por sete programas que contemplam diversas ações e disponibilização de linhas de crédito para a adoção e difusão de muitas das tecnologias apresentadas no documento.

O milho, pela sua importância na agropecuária brasileira, tem demonstrado ampla possibilidade de cultivo e uso. A expansão dessa cultura em sistemas de cultivo, sem a necessidade de abertura de novas áreas, possibilitou colocar o Brasil como um dos principais países produtores mundiais e com perspectivas de volumes ainda mais expressivos, respeitando o meio ambiente, otimizando o uso de recursos naturais e contribuindo com as principais políticas públicas e metas conservacionistas hoje vigentes no Brasil e no mundo.

## Referências

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef report 2020**: perfil da pecuária no Brasil. 2020. Disponível em: [http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/#dfliip-df\\_2947/5](http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/#dfliip-df_2947/5). Acesso em: 3 set. 2020.
- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2019/20: décimo primeiro levantamento, v. 7, n. 11, p. 1-31, ago. 2020. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/32838_87577d7fa2076bdc97b6b96e7498a2f)
- [item/download/32838\\_87577d7fa2076bdc97b6b96e7498a2f](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/32838_87577d7fa2076bdc97b6b96e7498a2f). Acesso em: 1 set. 2020.
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050**: the 2012 revision. Rome: FAO, 2012. (FAO. ESA working paper, n. 12-03).
- ARIAS, D.; MENDES, P.; ABEL, P. **Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil**. Brasília, DF: Banco Mundial, 2015. 76 p.
- BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, n. 326, p. 164-200, Sept. 2018. DOI [10.1016/j.geoderma.2018.03.011](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011).
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, 163-171, 2007. DOI [10.1590/S0100-204X2007000200004](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200004).
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 629-636, Mar. 2013. DOI [10.2135/cropsci2012.08.0469](https://doi.org/10.2135/cropsci2012.08.0469).
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; MATEUS, G. P.; MARTINS, P. O.; COSTA, C. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop and Pasture Science**, n. 63, n. 12, p. 1106-1113, 2012. DOI [10.1071/CP12344](https://doi.org/10.1071/CP12344).
- BORGHI, E.; PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A. V. de; GONTIJO NETO, M. M.; KARAM, D.; ABREU, S. C. Atenção ao PPP: perfil, palha e plano de manejo. **A Granja**, v. 75, n. 848, p. 32-35, ago. 2019.
- BRASIL. **Indicadores brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2020. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>. Acesso em: 1 set. 2020.
- BROOKES, G.; BARFOOT, P. Global impact of biotech crops: socio-economic and environmental effects 1996-2004. **AgBioForum**, v. 8, p. 187-196, 2006.
- COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular. **Revista USP**, v. 89, p. 148-173, 2011. DOI [10.11606/issn.2316-9036.v0i89p148-173](https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i89p148-173).

CONAB (Brasil). **Planilhas de custos de produção – culturas de 1ª safra**. 2019. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/download/27266\\_cdee010f43ad0355abc3ce79bad977e5](https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/item/download/27266_cdee010f43ad0355abc3ce79bad977e5). Acesso em: 11 ago. 2020.

CONAB (Brasil). **Série histórica das safras: milho 1ª safra**. 2020a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35844\\_8541eadf3d9da3ba75b0c6af85b26304](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35844_8541eadf3d9da3ba75b0c6af85b26304). Acesso em: 1 set. 2020.

CONAB (Brasil). **Série histórica das safras: milho 2ª safra**. 2020b. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35845\\_19cf43b97219cb4be3b78ad7d21484f8](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35845_19cf43b97219cb4be3b78ad7d21484f8). Acesso em: 1 set. 2020.

CONAB (Brasil). **Série histórica das safras: milho total (1ª, 2ª e 3ª Safras)**. 2020c. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35846\\_e49005e3e07e61f02439848e1c850fe5](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35846_e49005e3e07e61f02439848e1c850fe5). Acesso em: 1 set. 2020.

CONAB (Brasil). **Série histórica das safras: soja**. 2020d. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35847\\_bf58a3a98569ef0210b113c66edb121a](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/35847_bf58a3a98569ef0210b113c66edb121a). Acesso em: 1 set. 2020.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. [Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo], 2019. 45 p. (Desafios do agronegócio brasileiro, 2). Nota técnica.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, v. 130, p. 1-11, 2010.

CUNHA, J. F.; FRANCISCO, E. A. B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. **Informações Agronômicas**, v. 145, p. 1-13, 2014.

CUNHA, J. F.; FRANCISCO, E. A. B.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira

no período de 2013 a 2016. **Informações Agronômicas**, v. 162, p. 3-14, 2018.

DOWD, P. F.; PINGEL, R. L.; RUHL, D.; SHASHA, B. S.; BEHLE, R. W.; PENLAND, D. R.; MCGUIRE, M. R.; FARON, E. J. Multiacreage evaluation of aerially applied adherent malathion granules for selective insect control and indirect reduction of mycotoxigenic fungi in specialty corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 5, p. 1424-1428, 2000. DOI [10.1603/0022-0493-93.5.1424](https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.5.1424).

DUVICK, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). **Advances in Agronomy**, v. 86, p. 83-145, 2005. DOI [10.1016/S0065-2113\(05\)86002-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)86002-X).

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

FAO. **FAOSTAT**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 1 set. 2020.

FAO. **Recommendations for improved weed management**. 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a0884e/a0884e00.htm>. Acesso em: 3 jan. 2021.

FAO. **The lurking menace of weeds**. 2009. Disponível <http://www.fao.org/news/story/pt/item/29402/icode>. Acesso em: 3 set. 2020.

FAO. **The state of food insecurity in the world 2012: economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition**. Rome, 2012. 65 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3027e.pdf>. Acesso em: 1 set. 2020.

FARIAS, J. R.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. (Embrapa Soja. Circular técnica 48).

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO. Disponível em: <https://febrapdp.org.br>. Acesso em: 1 set. 2020.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FIGUEIREDO, A. G. de; VON PINHO, R. G.; SILVA, H. D.; BALESTRE, M. Application of mixed models for evaluating stability and adaptability of maize using unbalanced data. **Euphytica**, v. 202, n. 3, p. 393-409, 2015. DOI [10.1007/s10681-014-1301-3](https://doi.org/10.1007/s10681-014-1301-3).

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Anualpec 99**: anuário estatístico da produção animal. São Paulo: Argos Comunicação, 1999.

GALVÃO, A. (ed.). **Informativo de Biotecnologia Céleres**<sup>®</sup>. Uberlândia: Céleres, 2019. Disponível em: [http://www.celeres.com.br/wp-content/uploads/2019/11/BoletimBiotecnologiaC%C3%A9leres\\_Novembro2019-2.pdf](http://www.celeres.com.br/wp-content/uploads/2019/11/BoletimBiotecnologiaC%C3%A9leres_Novembro2019-2.pdf). Acesso em: 10 mar. 2020.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOT, N. C.; KINDLER, S.D. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greenbug (Homoptera: Aphidae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 5, p. 1522-1530, Oct. 2000. DOI [10.1603/0022-0493-93.5.1522](https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.5.1522).

GIOLO, F. P.; BUSATO, G. R.; GARCIA, M. S.; MANZONI, C. G.; BERNARDI, O.; ZART, M. Biologia de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 167-171, 2006.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do cerrado. **Informações Agrônomicas**, n. 161, p. 9-21, mar. 2018.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J. Maize breeding. In: CARENA, M.J. (ed.). **Cereals**. New York: Springer Verlag, p: 3-98, 2009. DOI [10.1007/978-0-387-72297-9](https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9).

HUANG, J.; ROZELLE, S.; PRAY, C. E.; WANG, Q. Plant biotechnology in the developing world: the case of China. **Science**, v. 295, n. 5555, p. 674-677, 2002. DOI [10.1126/science.1067226](https://doi.org/10.1126/science.1067226).

IBGE. Censo agropecuário 2017: resultados preliminares. **Censo Agropecuário**, v. 7, p. 1-108, 2017. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf). Acesso em: 1 set. 2020.

IBGE. **Séries históricas e estatísticas**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br>. Acesso em: 1 set. 2020.

IMPACTOS econômicos e socioambientais da tecnologia de resistência a insetos no Brasil: análise histórica, perspectivas e desafios

futuros: relatório final 2018. [S.l.]: Conselho de Informações sobre Biotecnologia; Agroconsult, 2018. 53 p. Disponível em: <https://apps.agr.br/wp-content/uploads/2019/01/Agroconsult-Estudo-Impacto-BT-no-Brasil-Versão-Final.pdf>. Acesso em: 1 set. 2020.

IPEADATA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – produção – milho**. 2020. Disponível em: [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br). Acesso em: 1 set. 2020.

ISAAA. **Global status of commercialized biotech/GM crops**: 2018: biotech crops continue to help meet the challenges of increased population and climate change. Ithaca, 2018. (ISAAA. Brief nº 54).

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados. **Estabilidade e produtividade**: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. p. 1-21. 1 CD-ROM.

KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHAES, P. C.; PAES, M. C. D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, T. C. de; ADEGAS, F. S. **Antecipe**: cultivo intercalar antecipado. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 120 p.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).

LEITE, N. A.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; PEREIRA, E. J. G. **O milho Bt no Brasil**: a situação e a evolução da resistência de insetos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 133).

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76).
- MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brasil. **Agricultural Systems**, n. 110, p. 173-177, 2012. DOI [10.1016/j.agsy.2012.03.001](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.001).
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Efeito poupa-terra de sistemas de integração lavoura pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 164).
- MIRANDA, R. A. Breve história da agropecuária brasileira. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, p. 31-59.
- MIRANDA, R. A.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, A. P. de. A influência da soja na área de plantação do milho safrinha: um estudo de painel. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde. **Anais**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011. p. 111-116.
- MUNKVOLD, G. P.; HELLMICH, R. L.; RICE, L. G. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and non-transgenic hybrids. **Plant Disease**, v. 83, n. 2, p. 130-138, Feb. 1999. DOI [10.1094/PDIS.1999.83.2.130](https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.2.130).
- OERKE, E. -C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31-43, Feb. 2006. DOI [10.1017/S0021859605005708](https://doi.org/10.1017/S0021859605005708).
- OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).
- OLIVEIRA, M. **A evolução da produtividade no Cerrado**. 2013. Disponível em: <https://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/160/a-evolucao-da-produtividade-no-cerrado>. Acesso em: 2 set. 2020.
- OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. de C. **Sistema Santa Brígida – tecnologia Embrapa**: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 88).
- OLSON, D. W.; CAPEHART, Y. **Dried Distillers Grains (DDGs) have emerged as a key ethanol coproduct**. Oct. 1, 2019. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2019/october/dried-distillers-grains-ddgs-have-emerged-as-a-key-ethanol-coproduct>. Acesso em: 1 set. 2020.
- PARIZ, C. M.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.; ANDREOTTI, M.; COSTA, N. R.; MARTELLO, J. M.; SOUZA, D. M.; SARTO, J. R. W.; FRANZLUBBERS, A. J. Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 1, p. 2541-2553, Dec. 2016. DOI [10.2134/agronj2016.02.0082](https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0082).
- PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho**: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 251).
- PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; FALEIRO, F. G.; ARAÚJO, J. M. de. Suscetibilidade de populações de milho a *Spodoptera frugiperda* Smith e *Helicoverpa zea* Bod. (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 4, p. 931-936, 2000. DOI [10.4025/actasciagron.v22i0.2840](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v22i0.2840).
- 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: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012. 173 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: 1 set. 2020.
- PRADO JUNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 38. ed. São Paulo: Brasiliense, 1990. 364 p.
- RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; WEST, P. C.; FOLEY, J. A. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. **Plos One**, v. 8, n. 6, p. 1-8, 2013. DOI [10.1371/journal.pone.0066428](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428).

- REDEILPF. **ILPF em números**. Disponível em: <https://www.redeilpf.org.br/index.php/rede-ilpf/ilpf-em-numeros>. Acesso em: 1 set. 2020.
- RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: SEVERIANO, E. da C.; MORAIS, M. F. de; PAULA, A. M. de (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. v. 10. p. 342-398.
- RESENDE, A. V. de; SILVA, C. G. M.; GUTIÉRREZ, A. M.; SIMÃO, E. de P.; GUIMARAES, L. J. M.; MOREIRA, S. G.; BORGHI, E. **Indicadores de demanda nutricional de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 220).
- RONALD, P. Plant genetics, sustainable agriculture and global food security. **Genetics**, v. 188, n. 1, p. 11-20, May 2011. DOI [10.1534/genetics.111.128553](https://doi.org/10.1534/genetics.111.128553).
- SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistema São Mateus**: sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).
- SANTOS, F. C. dos; KURIHARA, C. H.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; RESENDE, A. V. de; CARVALHO, M. da C. S.; ALVARENGA, R. C. Adubação nitrogenada e consorciação do milho com *Brachiaria ruziziensis* em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros**: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM.
- SANTOS, M. R. R. dos; MARTINS, J. I. F. O zoneamento agrícola de risco climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, ano 25, n. 3, p. 76-94, jul./ago./set. 2016.
- SHULL, G. H. The composition of a field maize. **Journal of Heredity**, v. 4, n. 1, p. 296-301, Jan. 1908. DOI [10.1093/jhered/os-4.1.296](https://doi.org/10.1093/jhered/os-4.1.296).
- SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Manejo do fósforo na região do Cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. da (ed.). **Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado**. Goiânia: UFG, 2016. p. 291-357.
- TANG, J.; YAN, J.; MA, X.; TENG, W.; WU, W.; DAI, J.; DHILLOM, B. S.; MELCHINGER, A. E.; LI, J. Dissection of the genetic basis of heterosis in an elite maize hybrid by QTL mapping in an immortalized F2 population. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 120, p. 333-340, 2010. DOI [10.1007/s00122-009-1213-0](https://doi.org/10.1007/s00122-009-1213-0).
- UNITED STATES. Department of Agriculture. **World agriculture production**. Aug. 2020. 38 p. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. A fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016. p. 89-107.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro**. Brasília, DF: Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, abr. 2018. 48 p. (IPEA. Texto para discussão, 2386).
- VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; CORDEIRO, L. A. M. Sistemas integrados como alternativa para intensificação ecológica. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. **Rumo aos novos desafios**: [anais]. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. Fertbio 2016.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHAO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011. DOI [10.1590/S0100-204X2011001000003](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003).

VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; PIRES, L. P. M.; CAMARGOS, R. B.; BERNARDO JÚNIOR, L. A. Y. Contribuições da genética e da ciência e tecnologia de sementes para aumento na produtividade de grãos de milho e sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e sorgo: inovações, mercado e segurança alimentar: livro de palestras**. Sete Lagos: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

## Literatura recomendada

AGROCERES. **Agroceres 70 anos: você vê, você confia**. [S.l.]: DBA Editora, 2015. 89 p. Disponível em: <https://agroceres.com.br/ebook.aspx>. Acesso em: 1 set. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997**. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9456.htm). Acesso em: 1 set. 2020.

CIOCCHI, E.; OLIVEIRA, H. L. M. **Integração lavoura-pecuária**. 2018. Disponível em: <http://>

[www.pioneersementes.com.br/blog/48/integracao-lavoura-pecuaria](http://www.pioneersementes.com.br/blog/48/integracao-lavoura-pecuaria). Acesso em: 3 set. 2020.

IBGE. **Censo agropecuário 2006: segunda apuração**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao>. Acesso em: 1 set. 2020.

PEREIRA, J. L. A. R.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, A. M. A. R.; LIMA, T. G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de plantio no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 676-683, maio/jun. 2009. DOI [10.1590/S1413-70542009000300003](https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300003).

SEVERIANO, E. da C.; MORAIS, M. F. de; PAULA, A. M. de (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. v. 10, p. 342-398.

SHYLESHA, A. N.; JALALI, S. K.; GUPTA, A. N. K. I. T. A.; VARSHNEY, R. I. C. H. A.; VENKATESAN, T.; SHETTY, P. R. A. D. E. E. K. S. H. A.; BAKTHAVATSALAM, N. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. **Journal of Biological Control**, v. 32, n. 3, 145-51, 2018.

Capítulo 7

# Liderança e recordes de produtividade de soja com base em tecnologia e sistemas intensivos de uso da terra

Décio Luiz Gazzoni  
Marcelo Hiroshi Hirakuri  
Alvadi Antônio Balbinot Junior  
Carlos Alberto Arrabal Arias  
Adilson de Oliveira Junior  
Cesar de Castro  
Osmar Conte  
Marco Antonio Nogueira  
Adeney de Freitas Bueno  
Claudine Dinali Santos Seixas  
José Miguel Silveira

Foto: Gabriel Rezende Faria



A soja é a principal cultura agrícola do Brasil, com o maior Valor Bruto de Produção (VBP) e a liderança nas exportações do agronegócio. Devido a uma ampla intensificação, que integra várias tecnologias poupadoras de área, a produtividade da oleaginosa cresceu a uma taxa geométrica anual de 1,9%, que gerou um efeito poupa-terra de 71 milhões de hectares desde o início da década de 1960. Aliado a isso, a intensificação dos modelos de produção proporcionou um efeito poupa-terra adicional de 15 milhões de hectares. O Brasil se tornou o maior produtor mundial, ocupando apenas 4,5% do seu território para o cultivo da soja. O fluxo de capital da sojicultura tem permitido o desenvolvimento de uma pujante cadeia produtiva, com impactos socioeconômicos em diversas regiões do País. Primeiramente, a produção sojícola tem atraído organizações e promovido o crescimento econômico de polos produtivos. Integrada a essa evolução no campo econômico está a geração de milhões de empregos distribuídos por todo o País. A geração de riqueza e o maior fluxo de pessoas, por sua vez, atraem negócios em outros setores, como serviços, comércio e indústria, e, muitas vezes, também propiciam a melhoria de serviços básicos prestados à população e da qualidade de vida das pessoas.

## Introdução

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o Brasil deverá atingir, na safra 2020/2021, mais um recorde na produção de grãos, ultrapassando 273,8 milhões de toneladas, em cerca de

68,5 milhões de hectares. O destaque é a cultura da soja, cuja área teve uma expansão de 4,1% em relação à safra 2019/2020, passando de 36,9 milhões de hectares para 38,5 milhões de hectares, enquanto a produção cresceu 4,3%, saltando de 124,8 para 135,5 milhões de toneladas. Entre as safras 2016/2017 e 2020/2021, a soja brasileira apresentou produtividade superior a 3.400 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que, na safra 2020/2021, a média estimada é de 3.523 kg ha<sup>-1</sup>, 4,25% superior à média da safra 2019/2020, de 3.379 kg ha<sup>-1</sup> (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2021).

Em 2020, as exportações de soja em grão do Brasil superaram a marca de 82,9 milhões de toneladas, sendo superior à quantidade exportada em 2019, de 74,1 milhões de toneladas (Brasil, 2021). Mesmo com o avanço das exportações, o esmagamento pode continuar sua trajetória ascendente, como apontou o prognóstico da Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal (Abiove), de dezembro de 2020, que indica um processamento de 45,5 milhões de toneladas de soja no ano, valor 4,7% superior ao total esmagado em 2019 (quase 43,5 milhões de toneladas). Isso demonstra a força dos mercados associados aos produtos derivados da soja, especialmente as carnes e os biocombustíveis (Abiove, 2021).

O número total de empregos gerados pela cadeia produtiva da soja entre os anos 2000 e 2014 passou de 2.352.839 para 3.758.773 (Montoya et al., 2017). Em âmbito nacional, essa parcela de empregos representa 3,0% em 2000 e 3,6%

em 2014. Já no agronegócio, a participação da cadeia produtiva da soja é mais relevante e com significativa ascensão no período, isso porque representava 7,8% em 2000 e atingiu 12,1% em 2014 (Montoya et al., 2017). Se for projetado um aumento de empregos proporcional ao aumento da produção de soja no Brasil em 2016 até a safra atual, estima-se que o setor seria responsável por aproximadamente 4,7 milhões de postos de trabalho.

## Formas de expansão da produção de soja

Há duas formas de evitar a expansão horizontal da produção de soja no Brasil. Uma delas, meramente teórica, é estagnar o aumento da produção. O que é absolutamente inviável do ponto de vista prático, pois depende de sinais de mercado, de demanda e oferta de produtos agrícolas, tanto no mercado doméstico, quanto

internacional. A outra, viável e desejável, é a expansão vertical da produção, seja por aumento de produtividade ou por intensificação da agricultura, com o uso da mesma área para diversos cultivos/criações no mesmo ciclo agrícola.

## Produtividade

Sob o ponto de vista conceitual, é importante ter em mente a equação simplificada de produtividade:

$$Prod = PG - \{[EB + EAB + (EB \times EAB)]\}$$

em que *Prod* é produtividade de um cultivo em um determinado local e ano, *PG* é o potencial genético de produtividade de uma cultivar, variedade, híbrido de uma espécie cultivada, na ausência de estresses, *EB* representa os estresses bióticos (presença de pragas em níveis que afetam a cultura; deficiência quantitativa ou qualitativa de organismos benéficos) e *EAB*, os estresses abióticos (temperatura



Foto: Aline Macedo

inadequada, excesso ou falta de chuvas, acidez do solo, deficiência de macro e micronutrientes no solo, compactação, perfil de solo inadequado, entre outros).

Pela análise da equação, é possível vislumbrar duas formas de aumentar a produtividade. A primeira delas é pelo aumento do potencial genético de uma espécie cultivada, o que é obtido por meio do melhoramento genético, seja ele clássico ou utilizando as novas ferramentas biotecnológicas. Além disso, existe uma reação diferencial de cultivares em relação a estresses (bióticos ou abióticos). Um mesmo background genético de alto potencial produtivo pode receber características interessantes para enfrentamento de estresses. Um exemplo é a resistência de cultivares de soja a doenças que podem causar elevados prejuízos.

A segunda forma é a supressão ou mitigação dos estresses. No caso de estresses bióticos, o exemplo clássico é o estudo da relação entre a presença e a intensidade de infestação de uma determinada praga e a redução de produtividade decorrente, que é a base do estabelecimento dos níveis de danos ou níveis de ação para controle. A partir dessa definição, e dispondo de metodologias adequadas de monitoramento, é possível desenvolver diversas formas de controle de pragas. Nesse sentido, incluem-se o melhoramento genético clássico (resistência ou tolerância); o melhoramento com ferramentas de engenharia genética, com a introdução de genes exóticos; o escape (época de semeadura ou locais de cultivo); o manejo de espécies que sejam hospedeiros intermediários; o controle físico

(por feromônios, armadilhas luminosas ou alimentares); o controle biológico (parasitoides, predadores, doenças de pragas); o controle químico ou as novas ferramentas, como o RNA interferente (RNAi), entre outras.

Quanto a estresses abióticos, as adversidades climáticas podem ser mitigadas por tecnologias adequadas. Por exemplo, a deficiência hídrica, principal estresse abiótico da soja no Brasil, pode ser mitigada em larga escala com a cobertura de solo por palhada em Sistema de Plantio Direto; eliminação de camadas compactadas superficiais; manutenção de perfil de solo profundo, poroso, aerado, com proporção adequada de matéria orgânica, alta capacidade de retenção de água e possibilidade de penetração de raízes a grandes profundidades.

A Tabela 1 apresenta as taxas geométricas de incremento da produtividade de soja no Brasil, mensuradas por décadas e pelo período total, entre 1960 e 2020. Verifica-se que o ganho mais expressivo de produtividade ocorreu na década 1990–1999 e que, nos últimos 60 anos, o

**Tabela 1.** Taxas geométricas da evolução da área e da produtividade da soja no Brasil.

Safra	Área	Produtividade
1960–1969	1,159	1,004
1970–1979	1,226	1,009
1980–1989	1,037	1,015
1990–1999	1,014	1,036
2000–2009	1,053	1,011
2010–2020	1,051	1,012
1960–2020	1,091	1,019

Brasil apresentou taxa geométrica anual de incremento de produtividade de soja de 1,9%, o que é altamente expressivo, e que permite dobrar a produtividade de uma cultura a cada 37 anos.

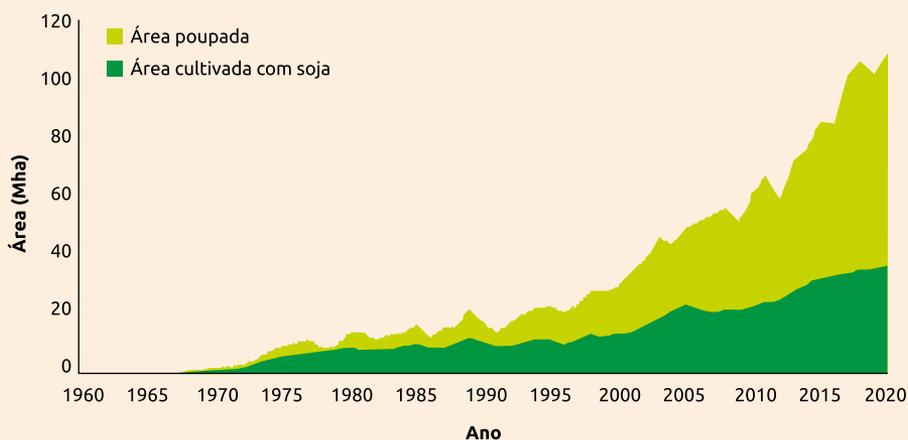
Na Figura 1, apresenta-se o quanto foi efetivamente poupado de área agrícola por ganhos de produtividade de soja no Brasil, de acordo com os dados levantados pela Conab. Observa-se que, se fosse mantida a mesma produtividade observada no início do cultivo de soja no Brasil, a área que seria necessária para obter a mesma produção na safra 2019/2020 seria 195% superior à área atual. Nesses termos, o efeito poupa área em função do aumento de produtividade de soja desde a década de 1960 foi de, aproximadamente, 71 milhões de hectares (Mha).

Desde a safra 2008/2009, o Comitê Estratégico Soja Brasil (Cesb) realiza, anualmente, o Desafio de Máxima Produtividade de Soja. Seu objetivo é obter informações dos produtores inscritos

(6 mil produtores na safra 2019/2020), a fim de verificar a produtividade obtida, a rentabilidade auferida e a ecoeficiência dos produtores com a produtividade mais elevada, em cada região geográfica do Brasil.

Do ponto de vista do mercado internacional, cada vez fica mais transparente que não basta produzir, é necessário ser sustentável. Para tanto, o Cesb utiliza a metodologia da ecoeficiência, que é medida por um algoritmo ponderado e normalizado que leva em consideração os seguintes critérios: impactos nas mudanças climáticas, consumo de água, eutrofização de água doce, eutrofização marinha, acidificação, esgotamento de recursos minerais e fósseis, depleção da camada de ozônio, formação de ozônio fotoquímico, toxicidade humana e conversão e uso da terra.

A Tabela 2 apresenta a produtividade obtida pelos dez produtores de soja brasileiros com mais alta produtividade



**Figura 1.** Área efetivamente cultivada, comparativamente com a área poupada, caso a produtividade se mantivesse constante ao longo do período.

Fonte: Conab (2020).

**Tabela 2.** Produtividade de soja (kg ha<sup>-1</sup>) obtida pelos dez produtores com produtividade mais elevada, nas edições do Desafio de Máxima Produtividade, do Comitê Estratégico Soja Brasil (Cesb), comparada com a produtividade média brasileira.

Colocação média	Safras										Média		
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018		2018/ 2019	2019/ 2020
1º	4.968	6.504	6.036	6.522	6.630	7.038	8.508	7.204	8.946	7.621	7.433	7.129	7.045
2º	4.896	5.526	6.030	6.186	6.582	6.594	7.632	6.891	7.332	6.782	7.410	7.118	6.582
3º	4.878	5.310	5.976	6.156	6.570	6.570	7.608	6.619	6.636	6.554	7.274	7.008	6.430
4º	4.848	5.238	5.940	5.928	6.186	6.534	7.374	6.554	6.498	6.537	7.179	7.001	6.318
5º	4.836	5.154	5.922	5.562	6.168	6.480	7.302	6.548	6.384	6.391	7.106	7.001	6.238
6º	4.590	5.082	5.712	5.436	6.132	6.432	6.804	6.422	6.348	6.389	7.043	6.986	6.115
7º	4.536	5.028	5.598	5.394	6.126	6.384	6.798	6.306	6.288	6.381	7.034	6.870	6.062
8º	4.470	5.004	5.454	5.394	5.994	6.282	6.744	6.227	6.270	6.360	7.016	6.828	6.004
9º	4.374	4.998	5.340	5.358	5.958	6.198	6.624	6.066	6.228	6.337	6.852	6.732	5.922
10º	4.260	4.992	5.250	5.334	5.910	6.174	6.618	6.005	6.156	6.264	6.827	6.716	5.875
<b>Média (A)</b>	<b>4.666</b>	<b>5.284</b>	<b>5.726</b>	<b>5.727</b>	<b>6.226</b>	<b>6.469</b>	<b>7.201</b>	<b>6.484</b>	<b>6.709</b>	<b>6.562</b>	<b>7.117</b>	<b>6.939</b>	<b>6.259</b>
<b>Conab (B)</b>	<b>2.629</b>	<b>2.927</b>	<b>3.115</b>	<b>2.651</b>	<b>2.938</b>	<b>2.856</b>	<b>3.025</b>	<b>2.878</b>	<b>3.392</b>	<b>3.507</b>	<b>3.337</b>	<b>3.379</b>	<b>3.379</b>
<b>A/B (%)</b>	<b>78</b>	<b>80</b>	<b>84</b>	<b>116</b>	<b>112</b>	<b>125</b>	<b>140</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>107</b>

A: média dos dez primeiros colocados no Desafio; B: média Conab para a mesma safra.  
Fonte: Comitê Estratégico Soja Brasil (2020) e Conab (2020).

(independentemente de região), de acordo com o Desafio Cesb de Máxima Produtividade de Soja, comparados com a produtividade média calculada pela Conab, para a mesma safra. Chama a atenção nessa tabela que, na média dos últimos 12 anos, os dez produtores mais bem colocados no desafio, produzem 107% acima da média brasileira, aferida pela Conab.

Na Tabela 3, são apresentadas as médias de produtividade de soja dos produtores colocados entre a 1ª e a 100ª posições, no Desafio Cesb de Máxima Produtividade, comparados com a produtividade média dos sojicultores brasileiros, de acordo com a Conab. Na média dos últimos 12 anos, esses produtores obtiveram índices 75% superiores àqueles obtidos pelo conjunto de produtores brasileiros, de acordo com a Conab.

O exposto acima ilustra dois aspectos que merecem ser analisados. O primeiro deles é que o Brasil dispõe de tecnologia de produção de soja que permite aumentar expressivamente a produtividade da cultura, com tecnologias já disponíveis ao produtor. O segundo aspecto é um enorme desafio, que embute uma grande oportunidade. A tecnologia está disponível, porém não é integralmente utilizada pelos produtores de soja. A solução está na adoção ampla e massificada, fruto de processos de transferência de tecnologia lastreada em assistência técnica, e com suporte de políticas públicas de incentivo ao incremento da produtividade sustentável, como forma de reduzir a expansão da fronteira agrícola do País. Em outras palavras, a soja brasileira experimentou aumentos

**Tabela 3.** Produtividade de soja (kg ha<sup>-1</sup>) dos 100 produtores mais bem posicionados no Desafio de Máxima Produtividade, do Comitê Estratégico Soja Brasil (Cesb), comparada com a produtividade média brasileira.

Produtividade	Safra												Média
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	
Cesb (kg ha <sup>-1</sup> )	4.666	4.547	4.278	4.285	5.060	5.199	5.685	5.584	5.708	5.961	6.172	6.305	5.288
Brasil (kg ha <sup>-1</sup> )	2.629	2.927	3.115	2.651	2.938	2.856	3.025	2.878	3.392	3.507	3.337	3.379	3.053
A/B (%)	77,5%	55,3%	37,3%	61,6%	72,2%	82,0%	87,9%	94,0%	68,3%	70,0%	84,9%	86,6%	73,2%

Fonte: Comitê Estratégico Soja Brasil (2020) e Conab (2020).

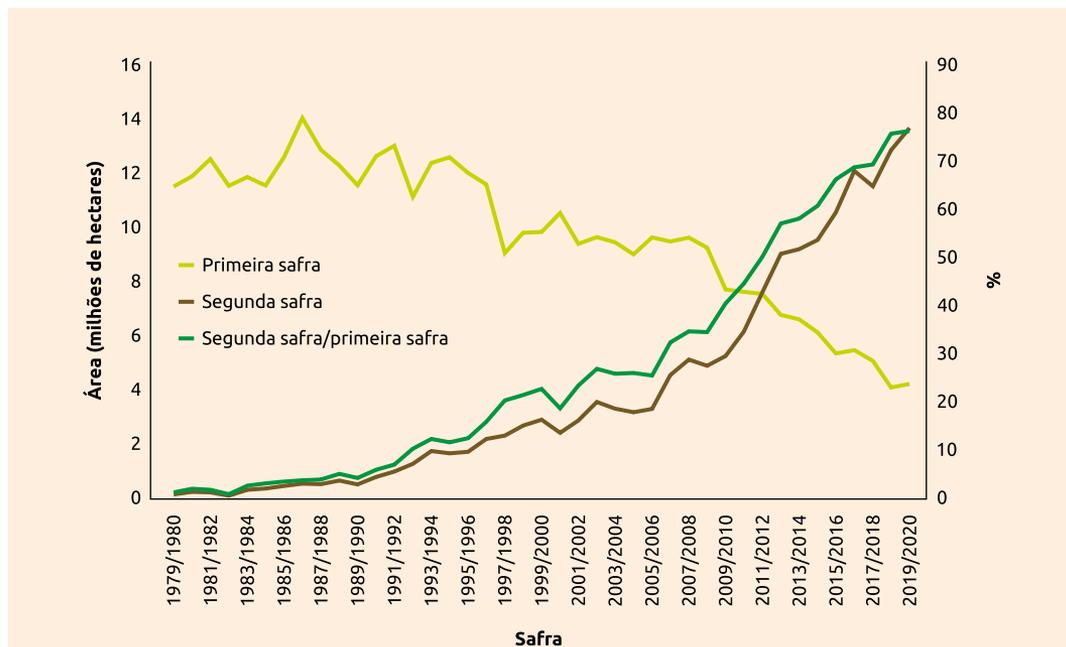
extraordinários de produtividade, mas há tecnologia para aumentar mais.

## Intensificação da agricultura

A intensificação da agricultura, representada por cultivos sucessivos na mesma área, no mesmo ciclo agrícola, é uma das estratégias importantes para conter a expansão horizontal da produção. Esse sistema de produção somente é possível em regiões tropicais e subtropicais, onde não há restrição térmica para o cultivo, embora possa haver restrição hídrica, contornável pelo uso de tecnologias apropriadas, tais como zoneamento agroclimático, Sistema Plantio Direto bem conduzido, uso de espécies e cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico e irrigação.

O exemplo mais impactante da intensificação da agricultura envolve a produção de soja na safra e milho na segunda safra. Em muitas regiões brasileiras, há possibilidade de ter soja na safra, milho consorciado com capim na segunda safra e uma terceira safra representada pelo pastejo do capim nos meses de agosto e setembro, popularmente chamada de terceira safra de carne. As séries históricas mostram avanços anuais na sucessão de cultivos dentro do mesmo ciclo agrícola, geralmente com a soja sendo o primeiro cultivo (semeada a partir de final de setembro), seguida por milho, algodão, feijão comum, feijão-caupi, entre outros cultivos.

A Figura 2 ilustra a evolução da área com cultivo de milho no Brasil, distribuída entre a primeira e a segunda safra (após



**Figura 2.** Área cultivada com milho nas primeiras e segundas safras e percentual da área da segunda safra sobre a área total cultivada com milho.

Fonte: Conab (2020).

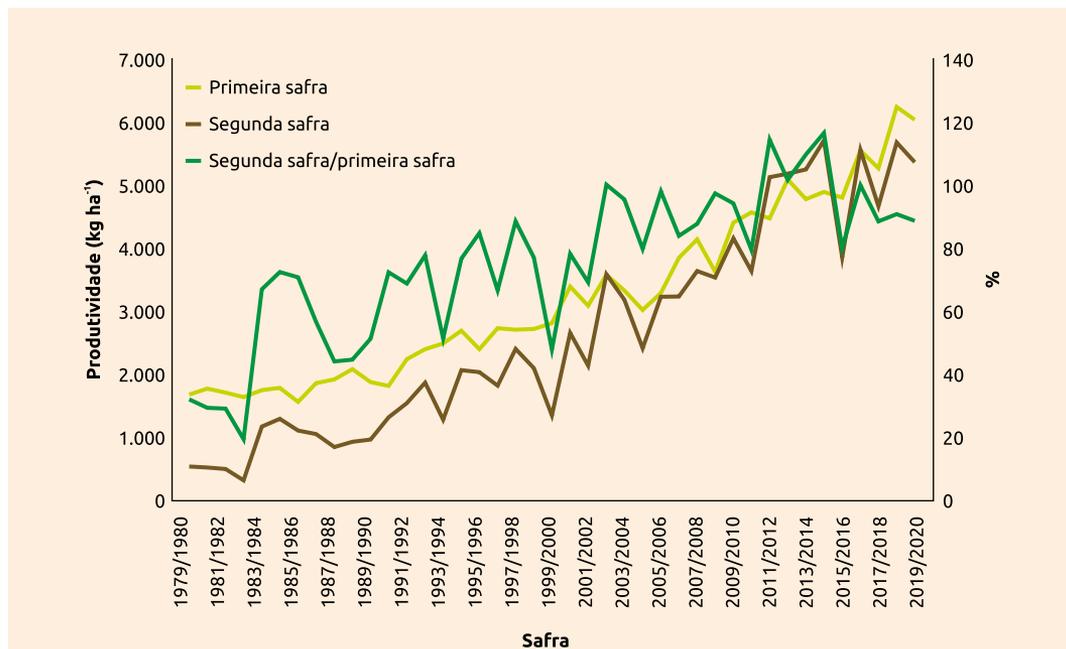
a colheita da soja). Percebe-se o avanço contínuo do cultivo da segunda safra em relação à primeira, representado pelo percentual da área de segunda safra sobre a primeira safra. Na safra 2020/2021, foram cultivados 14,8 Mha em segunda safra versus 4,3 Mha em primeira safra. Ou seja, esses 14,8 Mha claramente representam área poupada, evitando expansão da fronteira agrícola, com provável desmatamento.

A Figura 3 apresenta a evolução comparativa da produtividade de cada uma das safras, demonstrando o aprendizado do agricultor ao longo do tempo, de forma que, desde a década 2000–2010, as produtividades entre as duas safras são equivalentes. A equivalência de produtividade é fundamental para a continuidade da expansão da intensificação

da agricultura, pois esta guarda relação estreita com a rentabilidade do ciclo agrícola e rentabilidade está estreitamente associada com produtividade.

Em relação ao algodão, do total de 1.413.100 ha cultivados na safra 2020/2021, cerca de 1 Mha (70%) ocorreu em segunda safra, após a colheita da soja. Assim, apenas com as culturas do milho e do algodão, a poupança pela intensificação da agricultura, na safra 2019/2020, equivaleu a 15,8 Mha. Considerando outros cultivos, a área poupada em função da intensificação de uso de áreas agrícolas gira em torno de 16 Mha.

Efeito poupa área: 71 Mha (aumento da produtividade de soja desde a década de 1960) + 15,8 Mha (intensificação dos modelos de produção) = 86,8 Mha.



**Figura 3.** Produtividade de milho da primeira e segunda safras e percentual da produtividade da segunda safra em relação à primeira safra.

Fonte: Conab (2020).

## Descrição de tecnologias poupadoras de área

A seguir são apresentadas as principais tecnologias que permitiram o aumento da produtividade de soja no Brasil e a intensificação dos modelos de produção, tendo como consequência direta a redução da demanda de abertura de áreas nativas para cultivo da soja. Enfatiza-se que é complexo determinar a contribuição isolada de cada tecnologia no aumento de produtividade ou na intensificação dos modelos de produção, uma vez que os efeitos das interações das tecnologias que determinam tais ganhos. Um exemplo é a sinergia entre o melhoramento genético da soja e o Sistema Plantio Direto para viabilizar a sucessão soja/milho segunda safra. Adicionalmente, há várias tecnologias que contribuíram para o aumento da produtividade da oleaginosa e, ao mesmo tempo, para a intensificação dos modelos de produção, como, por exemplo, a integração lavoura-pecuária.

### Zoneamento agrícola de risco climático

Um estudo da Embrapa, com base nos dados do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), verificou que mais de 90% das perdas de safra em culturas de grãos ocorriam por déficit ou excesso hídrico. Para os estados do Sul do País, também ficou evidenciada a importância do fator térmico, principalmente devido à grande probabilidade de ocorrência de geadas. A partir dessas constatações, foi instituído pelo Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (Mapa), em 1996, o zoneamento agrícola de risco climático (Zarc), como um instrumento de política pública para a diminuição de perdas na agricultura causadas por fatores climáticos.

O Zarc, além de considerar os riscos de ocorrência de adversidades climáticas, também avalia a necessidade ambiental de cada cultura agrícola, em termos de fisiologia, ciclo, e outros fatores considerados importantes (Farias et al., 2001). Além disso, são levados em conta os tipos de solo quanto à capacidade de armazenamento de água. Nesse contexto, a observância das disposições do Zarc, além de ser um grande indutor do uso de tecnologias, permite reduzir o risco hídrico e manter elevadas produtividades com maior estabilidade, diminuindo a demanda de área e disciplinando a ocupação de diversas outras.

### Melhoramento genético

Continuamente são desenvolvidas cultivares de soja com maior potencial produtivo, que incorporam ganhos de produtividade ao longo do tempo. Isso foi conciliado com a redução do ciclo de desenvolvimento das cultivares e à maior flexibilidade na época de semeadura. Em outras palavras, o melhoramento genético da oleaginosa contribuiu decisivamente no aumento da produtividade da cultura e na intensificação dos modelos de produção, pois permitiu a semeadura antecipada e a redução do tempo em que a cultura permanece no campo, oportunizando a inserção de outras culturas no mesmo ciclo agrícola, como

milho, algodão e sorgo, por exemplo. Atualmente, não há trabalhos consistentes no Brasil para estimar os ganhos genéticos alcançados nas últimas décadas, considerando diferentes regiões e grupos de maturidade relativa das cultivares.

Entretanto, apenas a expansão do potencial genético não é um objetivo isolado, também foram obtidos avanços importantes acerca da resistência genética aos seguintes patógenos causadores de doenças de soja: mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*); pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*); cancro da haste (*Diaporthe aspalathi*); podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojae*); oídio (*Microsphaera diffusa*); podridão parda da haste (*Cadophora gregata*); vírus do mosaico comum (*Common mosaic virus – SMV*); vírus da necrose da haste (*Cowpea mild mottle virus – CPMMV*); mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*) entre outras. Importante frisar que o programa de melhoramento da soja da Embrapa atua fortemente na resistência genética a essas doenças.

Na última década, merece destaque o grande avanço na obtenção de cultivares de soja com resistência ao fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que ocasiona a ferrugem-asiática da soja, a principal doença da cultura. Atualmente há várias cultivares de soja no mercado que apresentam resistência à essa doença, sobretudo com genes Rpp. A Embrapa apresenta cultivares com essa característica, as quais são comercialmente denominadas de “Shield”.

Também foram desenvolvidas cultivares incorporando resistência aos nematoides, como o nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines*); nematoides de galha (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*); nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*); e o nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Em muitas regiões, o uso de cultivares com resistência a nematoides é decisivo para tornar a cultura viável em termos econômicos.

Com relação à resistência aos insetos-praga, atualmente há vasto portfólio de



cultivares com resistência a diversas lagartas que são desfolhadoras da cultura, por meio da introdução de genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (cultivares Bt). Adicionalmente, a Embrapa dispõe de uma plataforma exclusiva, que confere tolerância aos percevejos que atacam a soja, conhecida como tecnologia “Block”, lastreada em melhoramento genético clássico.

Em relação às plantas daninhas, há várias cultivares no mercado com gene de tolerância ao glifosato, que permitiu controle mais efetivo da maioria das espécies de plantas daninhas, além de facilitar controle. Nesse contexto, o melhoramento genético também teve grande contribuição na redução de estresses bióticos na cultura.

## Tecnologias de semeadura e qualidade de sementes

O uso de arranjo espacial de plantas adequado para cada cultivar de soja é importante para maximizar a produtividade de grãos (Balbinot Junior et al., 2018). O arranjo espacial é definido basicamente pela densidade de plantas, espaçamento entre as fileiras e uniformidade de distribuição das plantas nas fileiras. A faixa de espaçamento que tem demonstrado melhores resultados é de 0,4 m a 0,6 m. Algumas cultivares requerem alta densidade populacional, por exemplo, 400 mil plantas por hectare, ao passo que outras necessitam de baixas populações, como 150 mil plantas (Ferreira et al., 2020). O ajuste correto da densidade para cada cultivar, região e época de semeadura é

relevante para o alcance de altas produtividades, associada à redução de problemas fitossanitários. O uso de semeadoras com alta precisão de distribuição dos fertilizantes e sementes promove adequada instalação da lavoura, com maiores chances de obtenção de altas produtividades.

Para o estabelecimento de uma lavoura de soja com a população de plantas adequada, é fundamental a utilização de sementes com alto vigor e de semeadoras com alta precisão. Sementes de alto vigor resultam na produção de plantas de alto desempenho agrônômico, aumentando a produtividade, tanto por planta quanto da lavoura. Pesquisas comprovam que o uso de sementes com alto vigor promove ganhos de produtividade superiores a 9%, comparativamente a sementes com baixo vigor (Scheeren et al., 2010).

## Análise química de solo e de tecido

No Brasil, a maioria dos solos são ácidos e de baixa fertilidade natural e a adubação criteriosa é a principal ferramenta para o aumento da produtividade da soja. Para tanto, a adubação deve ser realizada a partir de critérios técnicos que permitam avaliar corretamente a fertilidade do solo e propiciem o uso eficiente dos fertilizantes, um insumo caro e em grande parte importado, para o atendimento das necessidades nutricionais das plantas e a máxima eficiência econômica para o produtor.

A avaliação da fertilidade do solo baseia-se na identificação de fatores nutricionais que limitam a obtenção de

altas produtividades, por meio da análise química de solo, podendo ser complementada pela diagnose foliar. A análise química do solo é a principal ferramenta de avaliação da fertilidade e possibilita a tomada de decisão para a prática da calagem e para a recomendação da adubação. A análise foliar é uma possibilidade complementar à interpretação das análises de solo e capaz de identificar as deficiências ou excessos de nutrientes que estariam comprometendo a alta produtividade da soja. A partir da análise de folhas, é possível verificar se as plantas estão absorvendo adequadamente os nutrientes à sua disposição no solo.

A coleta criteriosa de amostras de solo, independentemente do aparecimento de sintomas nas plantas, a análise cuidadosa e a interpretação precisa dos resultados é um dos primeiros passos para a possível correção de problemas de fertilidade do solo e o atendimento das necessidades nutricionais da soja, possibilitando a expressão do potencial produtivo da cultura.

Estudos desenvolvidos pela Embrapa Soja indicam os teores adequados de nutrientes no solo e nas folhas, permitindo a identificação precisa de possíveis desequilíbrios nutricionais ou correção da fertilidade. Com base nesses valores, foram desenvolvidas tabelas de recomendação de corretivos e fertilizantes que possibilitam não só corrigir os possíveis problemas, como também aumentar a produtividade, com sustentabilidade.

Com base nos resultados de análises, as recomendações de adubação baseiam-se nas classes de disponibilidades dos nutrientes, indicadas pelas faixas de teores determinados na análise de solo e de tecido, determinadas em estudos de calibração e de resposta à adubação (Oliveira Junior et al., 2010a).

Com relação ao potássio (K), nutriente rotineiramente envolvido no aparecimento



Foto: A. I. Macedo

de problemas nutricionais e redução da produtividade, estudos especiais foram focados especificamente no problema. Em média, a soja demanda entre 20 kg e 25 kg de potássio ( $K_2O$ ) para cada tonelada de grãos (Oliveira Junior et al., 2020). Sem o manejo adequado da adubação, há redução dos estoques do nutriente no solo e, conseqüentemente, ocorre a redução das produtividades das culturas na área.

Para auxiliar na identificação da deficiência de potássio nas plantas de soja, foi

desenvolvido o método Fast-K (Oliveira Junior et al., 2019), que permite avaliar rapidamente, em condições de campo, o déficit de suprimento de potássio, permitindo a correção do problema antes que afete a produtividade. A vantagem dessa tecnologia em comparação com a análise de folhas é a forma mais expedita e precisa para identificação do problema em condições de campo e possibilidade de correção ainda durante a safra.

Outra ferramenta poderosa, além das tabelas de interpretação de teores de nutrientes nas folhas e do Fast K, é o Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris), regionalizado<sup>1</sup>, que avalia não somente se a concentração adequada dos nutrientes, mas também o equilíbrio nutricional entre eles. Dessa forma, identifica os nutrientes que afetam mais a produtividade, por deficiência ou excesso e, então, monta estratégias de adubação mais eficientes, considerando o alto valor dos fertilizantes no custo de produção, além do potencial de perdas ou contaminação do ambiente.

Portanto, a adequado diagnóstico da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas de soja possibilita tanto o aumento da produtividade em condições em que o teor do nutriente está baixo, quanto a manutenção de altos patamares produtivos em condições em que o teor do nutriente está adequado ou alto, levando, em ambos os casos, a maior eficiência vertical do sistema de produção,

o que poupa a abertura de novas áreas com vegetação nativa.

## Sistema Plantio Direto

A utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) preconiza a sustentabilidade dos sistemas produtivos, desde seu surgimento no Brasil, no início da década de 1970. Está embasado na redução de mobilização do solo, principalmente pela eliminação de preparos primários, na cobertura permanente do solo por culturas ou resíduos vegetais e na rotação de culturas (Moraes et al., 2017). A agricultura intensificada com foco na produção de grãos tem reduzido o uso da rotação e favorecido a sucessão de cultivos, o que não é ideal. Mas surgiram formas alternativas para incrementar a diversificação de espécies cultivadas, sem abrir mão das culturas comerciais, por meio de consórcios de espécies de cobertura de solo com culturas de interesse comercial e o cultivo de plantas de cobertura nos períodos não ocupados pelas culturas comerciais. Dessa forma, o SPD contribui para manutenção da capacidade produtiva dos solos ao longo dos anos, principalmente pelo incremento do carbono orgânico do solo (matéria orgânica). A matéria orgânica é responsável por diversas relações químicas, físicas e biológicas do solo, garantindo fertilidade sob o aspecto nutricional de plantas, armazenamento de água no solo e suprimento dos cultivos por meio dos efeitos em estruturação do solo, e elevada atividade e diversidade microbiana no solo, que também favorece a produção de grãos. No início da adoção do SPD, as produtividades de soja eram equiparáveis ao preparo convencional, mas destacava-se

---

<sup>1</sup> Disponível em: [www.embrapa.br/soja/dris](http://www.embrapa.br/soja/dris).

nos aspectos conservacionistas; conseqüentemente, após cerca de 6 anos de adoção, a produtividade da soja em SPD passa a ser superior (Franchini et al., 2012). Esses autores verificaram que, após 20 anos

de condução do SPD, a produtividade da soja foi cerca de 50% superior ao preparo convencional. Ou seja, o SPD é uma tecnologia essencial para a obtenção de altas produtividades de soja no Brasil, tanto na porção subtropical quanto na tropical.

O SPD é o sistema de manejo do solo dominante para a produção de grãos no Brasil, ocupando quase 70% da área cultivada com grãos e mais de 90% da área da soja (Gazzoni; Dall'Agnol, 2018). De acordo com a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Febrapd), são mais de 33 milhões de hectares que adotam essa forma de manejo. A ausência de revolvimento de solo por preparos e a manutenção de cobertura vegetal sobre o solo corroboram com as práticas de conservação de solo. O SPD é um sistema de cultivo fundamental para viabilizar o cultivo em regiões tropicais e subtropicais, permitindo a intensificação do cultivo e boas condições para o desenvolvimento das culturas, com um mínimo de degradação do solo. Dessa forma, alavancou a agricultura brasileira, principalmente nas últimas quatro décadas. Reduziram-se consideravelmente os problemas de erosão em solos agrícolas, contribuindo para



Foto: Paulo Odilon Ceratti Kurtz

a sustentabilidade produtiva, gerando economia de corretivos, fertilizantes e operações de preparo de solo, altamente dispendiosas com consumo de combustíveis fósseis e emissões de dióxido de carbono.

Além disso, reduz expressivamente os custos de produção, especialmente por consumir menor quantidade de combustíveis.

Outro grande benefício advindo da adoção do SPD no Brasil foi a possibilidade de intensificação dos modelos de produção. Em grande parte das áreas produtoras de grãos, a segunda safra só foi oportunizada por causa das facilidades operacionais geradas em ambiente de SPD. Nesse contexto, é possível colher e semear uma mesma área de forma concomitante. A realização de semeadura sobre solo não preparado amplia o tempo hábil em termos de umidade de solo, além de ter eliminado as operações de preparo de solo que antecederiam a semeadura de uma nova safra. Tomando-se como referência as duas principais culturas no Brasil atualmente – soja e milho –, a primeira é cultivada predominantemente na safra principal, e o milho na segunda safra, que atualmente responde por 75% da produção nacional. O amplo crescimento da segunda safra com milho deu-se graças às facilidades criadas pelo SPD em termos de operacionalização do sistema de produção. Nesse contexto, o SPD tem contribuído para a obtenção

de altas produtividades de soja e para a intensificação dos modelos de produção, reduzindo a pressão de abertura de novas áreas.

## Integração Lavoura-Pecuária

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é uma estratégia de produção que integra culturas anuais e a pecuária, no mesmo espaço, em consórcio, sucessão ou rotação, e busca potencializar a sinergia entre os componentes pecuária e lavoura (Balbinot Junior et al., 2009). Sistemas integrados de produção como a ILP promovem maior diversificação de cultivos no ambiente ao mesmo tempo em que intensificam as atividades agrícolas numa mesma área. Entre os objetivos desse sistema estão: recuperar a capacidade produtiva do solo; intensificar o uso da terra; reduzir a demanda de terra adicional; disponibilizar alternativas de produção para agricultura de baixo carbono; contribuir para diminuir o desmatamento e melhorar o nível tecnológico e gerencial de técnicos, produtores e colaboradores.

A ILP pressupõe o crescimento verticalizado da produção nacional de soja, outros grãos e produtos de origem animal. Isso porque promove otimização do uso da terra e dos recursos necessários às plantas – água, luz e nutrientes (Balbinot Junior et al., 2009). Mas a integração de atividades traz outros benefícios ao ambiente, a começar pelo aumento na diversidade de espécies cultivadas no sistema de produção, e dessa forma oportuniza a presença de resíduos sobre o solo ou plantas vivas por mais tempo ao longo do ano. A presença de animais pastejando, atuando como elemento cicador de nutrientes e energia, aumenta a atividade de biológica no solo, o que é altamente desejável. Sistemas integrados com bom manejo promovem acúmulo de matéria orgânica no solo, fator fundamental para elevação da produtividade dos cultivos, ao mesmo tempo em que contribui para redução nas emissões de dióxido de carbono para atmosfera (Cordeiro et al., 2015).

Na sequência alternada de ocupação do solo, podem ser utilizadas espécies



forageiras que promovem a melhoria do perfil do solo e fazem parte do sistema ILP. Esse sistema, além de outros benefícios, aumenta a produtividade da soja. A biomassa das plantas – raízes e resíduos – gera um ambiente favorável à atividade da biota do solo (macro e microrganismos), que, por sua vez, juntamente com o sistema radicular das plantas, produtoras de grãos ou forrageiras, promove a estruturação do solo, dando origem a bioporos e agregados, que consequentemente melhoram o armazenamento de água, gerando um ambiente favorável às trocas gasosas e suprimento de nutrientes, aumentando a capacidade produtiva do solo (Cecagno et al., 2016). A sinergia entre a ILP e o SPD tem contribuído decisivamente para a obtenção de altas produtividades de soja e intensificação dos modelos de produção no Brasil.

### Fixação biológica de nitrogênio, microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de fosfatos do solo

A produção brasileira de soja utiliza inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio (rizóbios), dispensando o uso de fertilizante nitrogenado mineral. Esse é o mais bem-sucedido caso no mundo de uso de microrganismos na agricultura (Hungria; Mendes, 2015). O comércio de inoculantes aumentou de cerca de 23 milhões de doses em 2010 para 78 milhões de doses em 2018, mais do que o aumento de área ocupada com a cultura da soja.

A maior parte dos inoculantes produzidos no Brasil – 87,5% – é usada na cultura

da soja, resultando em uma adoção estimada entre 60% a 90%, dependendo da região. A inoculação com *Bradyrhizobium* spp. resulta em um ganho de produtividade médio de 8% e a coinoculação (*Bradyrhizobium* spp. + *Azospirillum brasilense*) possibilita incremento de 16% em relação à ausência de inoculação (Hungria et al., 2013a). Esses valores também foram observados em áreas de produção em parceria com a Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-PR) (Nogueira et al., 2018; Prando et al., 2019). Esse aumento representa mais produção na mesma área, utilizando tecnologias biológicas, de baixo custo e sem impacto ambiental negativo.

Considerando a área de soja em 2017, a produtividade média de grãos e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) que seriam necessárias para a síntese e uso de fertilizantes nitrogenados minerais, 62 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente deixaram de ser lançados na atmosfera (Hungria; Nogueira, 2019). A substituição de fertilizantes pela fixação biológica de N diminui não apenas as emissões de GEE, mas também a contaminação ambiental de águas correntes e subterrâneas com nitritos e nitratos (Hungria; Mendes, 2015), gerando uma economia de, aproximadamente, R\$ 65 bilhões para os produtores agrícolas brasileiros.

Recentemente, a Embrapa lançou o produto BiomaPhos, contendo as cepas BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*), duas bactérias capazes de aumentar a disponibilidade de fósforo às plantas por meio da produção

de ácidos orgânicos que mobilizam fósforo a partir de formas precipitadas em minerais, e fitatos, que mobilizam fósforo da matéria orgânica (Sousa et al., 2020). Essa é outra tecnologia baseada em microrganismos promotores de crescimento que auxilia no aumento da produtividade, diminuindo a pressão de abertura de áreas novas.

## Manejo de plantas daninhas

As plantas daninhas se constituem em importante estresse biótico na cultura da soja. Por exemplo, apenas 4 plantas m<sup>-2</sup> de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) reduzem em 25% a produtividade de grãos (Gazziero et al., 2019). Nas últimas quatro décadas, foram desenvolvidas e difundidas várias práticas de manejo preventivo, cultural e químico de plantas daninhas em modelos de produção que envolvem a cultura da soja. Uma das principais estratégias é semear a soja em Sistema Plantio Direto com alta quantidade de palha, a qual inibe a emergência de uma série de plantas daninhas fotoblásticas positivas (Balbinot Junior et al., 2008). Essa estratégia, juntamente com medidas preventivas para que novas espécies de invasoras não infestem áreas controladas, têm elevado impacto no manejo racional de plantas daninhas.

No Brasil, atualmente cerca de 95% da área de soja é cultivada com soja resistente ao herbicida glifosato (RR ou RR2), o que permite controlar as plantas daninhas com o uso de um herbicida não seletivo, com amplo espectro de controle. Essa estratégia facilitou muito

o controle de plantas daninhas nas lavouras de soja e contribuiu muito para reduzir perdas de produtividade em função desse estresse biótico. Entretanto, o uso prolongado e frequente do glifosato ao longo dos anos provocou a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a esse herbicida, caso das buvas (*Conyza* spp.), capim-amargoso e azevém (*Lolium multiflorum*), entre outros. Para contornar o problema e para evitar o desenvolvimento de novos casos de resistência, a Embrapa orienta os produtores para o manejo adequado do controle de plantas invasoras, envolvendo o uso de diferentes técnicas culturais e preventivas, bem como a alternância de herbicidas e de material genético resistente a herbicidas. Essas medidas são fundamentais para proteger o potencial produtivo da cultura da soja e para o uso de sistemas intensivos, sem que haja problemas sérios de infestação de plantas daninhas e de residual de herbicidas que comprometam as culturas subsequentes.

## Manejo de insetos-praga

A cultura da soja é atacada por diversas espécies de pragas, que, quando não controladas apropriadamente, podem reduzir drasticamente ou até inviabilizar a sua produção (Bueno et al., 2012). Assim, o Manejo Integrado de Pragas da Soja (MIP-Soja) é a tecnologia desenvolvida pela Embrapa Soja, em parceria com diferentes universidades e instituições de pesquisa (como o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-PR, por exemplo), com o principal objetivo de produzir de forma a não

impor danos ao meio ambiente ou a sua biodiversidade, assim como não reduzir a qualidade ou o valor econômico da soja produzida (Torres; Bueno, 2018; Bueno et al., 2021). A tecnologia MIP-Soja se fundamenta em três pilares que são: 1) O monitoramento das pragas, seus danos e seus inimigos naturais; 2) Os níveis de danos das pragas; e 3) O uso de diferentes estratégias de manejo. Sendo assim, essa tecnologia, quando adotada corretamente, permite reduzir as perdas de produtividade causada por pragas com um uso racional de inseticidas, associados a outras ferramentas de manejo como o controle biológico ou o uso de cultivares de soja mais resistentes (Bueno et al., 2021). Com a aplicação do MIP-Soja é possível evitar a ocorrência de estresses bióticos causados pelas pragas, eliminando a restrição decorrente dos danos desses insetos daninhos. Isso preserva a expressão do potencial produtivo da cultura, reduzindo a demanda por áreas adicionais de cultivo para manter a mesma produção.

A soja e o milho representam cerca de 85% da produção de grãos no País. A soja é geralmente cultivada como primeira safra no verão, seguida de milho como segunda safra no outono/inverno e, eventualmente, trigo como a terceira safra. O uso intensivo da área, que também garante maior produção, favorece a multiplicação de pragas polípagas e torna-se somente viável econômica e ambientalmente graças não só a adoção do MIP-Soja, mas a todo esse sistema produtivo. Portanto, essa tecnologia é um componente-chave para obter uma

produção sustentável de alimentos, protegendo as culturas contra pragas e, ao mesmo tempo, mantendo a qualidade ambiental por meio de práticas de gestão integrada e ecologicamente correta das lavouras (Bueno et al., 2021). Sendo assim, o MIP-Soja proporciona altas produtividades, com reduções no impacto ambiental e nos custos de produção, pois gera economia de até 50% com inseticidas (Conte et al., 2019a).

No Brasil, o estudo e desenvolvimento dessa tecnologia deu-se no final dos anos 1960 e início dos anos 1970 (Bueno et al., 2021) e fortaleceu-se com a fundação da Embrapa Soja em 1975, sua principal incentivadora. Estudos e pesquisas periódicas são mantidas na instituição visando ao desenvolvimento de novas ferramentas de manejo além da constante atualização do MIP-Soja como um todo frente às características dos sistemas produtivos e às mudanças no panorama de pragas nas lavouras.

## Manejo de doenças

Entre os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos em soja estão as doenças (Hartman et al., 2015). A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo principalmente das condições climáticas de cada safra, mas há várias doenças que podem inviabilizar a cultura da soja, caso medidas de manejo não sejam adotadas (Godoy et al., 2016a). O controle das doenças por meio da resistência genética é a forma mais eficiente e econômica existente. Entretanto,



para um grande número delas, não existem cultivares resistentes ou o número é limitado (Godoy et al., 2015). Portanto, a convivência econômica com as doenças depende da ação de vários fatores de um sistema integrado de manejo da cultura.

As recomendações para manejar adequadamente as doenças da soja incluem: a) rotação de cultura, para reduzir a população de patógenos que sobrevivem de uma safra para outra em restos de cultura (Almeida et al., 2001; Debiasi et al., 2016; Acharva et al., 2020); b) evitar compactação do solo para promover o bom desenvolvimento das raízes e diminuir o acúmulo de água em períodos chuvosos (Torres et al., 2010); c) eliminar plantas de soja voluntárias e não cultivar soja na entressafra (vazio sanitário), com o objetivo de reduzir a população do fungo da ferrugem-asiática (Godoy et al., 2016b); d) utilizar cultivares resistentes às doenças que ocorrem no local de cultivo e sementes certificadas, de procedência segura (Costamilan et al., 2017); e) utilizar cultivares precoces, no início da época recomendada para cada região (Godoy

et al., 2016b); f) manter fertilidade de solo adequada, o que propicia plantas menos sensíveis a doenças (Oliveira Junior et al., 2010b); g) o tratamento de sementes é recomendado para evitar a disseminação de doenças para novas áreas de cultivo e garantir a emergência em caso de veranico após a semeadura (Godoy et al., 2016a; Costamilan et al., 2017); e h) Quando necessário utilizar fungicidas, de acordo com o histórico da lavoura e monitoramento realizado desde a emergência da soja (Godoy et al., 2016b). A adoção integrada dessas estratégias de manejo vem assegurando adequada proteção à soja brasileira, permitindo a obtenção de altas produtividades.

### Avanços na mecanização da semeadura à colheita

Nas últimas quatro décadas, houve aprimoramentos expressivos nas semeadoras, pulverizadores e colhedoras, permitindo adequada instalação da lavoura, controle fitossanitário eficiente e reduções nas perdas de colheita. Esses

avanços impactam diretamente na produtividade da soja. O aumento da capacidade operacional também facilita a condução de modelos intensificados de produção, por permitir efetuar a colheita e a semeadura com alta rapidez.

No que tange às perdas na colheita, o Programa de Redução das Perdas de Grãos na Colheita de Soja (PRPGCS), da Embrapa Soja, é uma ação institucional que incentiva a realização do monitoramento das perdas de grãos de soja que ocorrem durante o processo de colheita, usando a inovação tecnológica conhecida como “Copo Medidor de Perdas da Embrapa”. Por meio dessa ferramenta, é possível aferir quanto da produção não está sendo recolhida pela colhedora e determinar se as perdas totais situam-se até um nível máximo de tolerância de um (1) saco de 60 kg ha<sup>-1</sup>, acima do qual é considerado como desperdício e que, salvo causas condicionantes incontrolláveis principalmente de clima, na maioria das vezes poderia ser evitado.

O produtor deve assegurar treinamento permanente e qualificado dos operadores de suas colhedoras, ou das máquinas alugadas. Em ambos os casos, é importante que a manutenção dos equipamentos tenha sido realizada em tempo hábil, de forma adequada, conforme as recomendações dos fabricantes e por profissionais especializados.

À época da colheita, é importante monitorar as áreas e avaliar as perdas durante as operações, o que permite corrigir a tempo as não conformidades. Também se deve atentar para que a umidade dos

grãos esteja dentro da amplitude ideal, e que a colheita seja realizada em períodos mais secos, facilitando o desempenho da colhedora. As plantas de soja devem estar desprovidas de folhas ou caules verdes, assim como não deve haver a presença de plantas invasoras vegetando na área a ser colhida. Finalmente, existe uma faixa de velocidade de operação que representa o melhor benefício/custo, pois fora dessa faixa diminui o desempenho da colhedora ou aumenta as perdas na lavoura.

O resultado mais recente da importância da aferição das perdas na colheita de soja foi obtido pela Emater, ao realizar um levantamento na safra 2018/2019 (Conte et al., 2019b), em que obteve o índice médio de perdas de 1,2 saco por hectare. É um valor que está levemente acima do nível de tolerância estabelecido pela Embrapa Soja – e que representa um desperdício de 10,2 kg ha<sup>-1</sup> de soja; pode parecer insignificante, mas, quando multiplicados pelos 5,4 milhões de hectares semeados no Paraná na safra 2018/2019, chegam-se a quase 925 mil sacas de soja.

## Outras informações importantes no contexto da cadeia produtiva da soja

### Logística

Destaca-se a integração dos modais de transporte, uma vez que a produção precisa ser transportada do local de produção até o seu destino, seja uma indústria doméstica ou portos exportadores.

Ressalta-se o avanço das exportações de soja pelos portos do Norte e Nordeste, entre os quais: Porto de Itaqui, no Maranhão; Porto de Vila do Conde, no Pará; Porto de Salvador, na Bahia; Porto de Manaus, no Amazonas, e Porto de Santarém, no Pará.

Um avanço é a recente conclusão do asfaltamento da BR-163, que permite escoar a produção de grãos das principais regiões produtoras do País, localizadas no Centro-Oeste, sobretudo no estado do Mato Grosso, via Miritituba (distrito do município de Itaituba, PA) e Santarém, com menores custos, tempo de transporte e risco de acidentes.

Outros avanços importantes residem no transporte ferroviário, especialmente no que diz respeito às ferrovias Norte-Sul e Leste-Oeste. A conclusão de trechos no Matopiba nos últimos anos e a política de concessão adotada pelo governo federal permitirão reduzir o custo de transporte e aumentar a eficiência no escoamento dos grãos.

Entre os avanços logísticos projetados para os próximos anos, que terão impacto na logística do agronegócio, podem ser destacados: (1) o derrocamento do Pedral do Lourenço, no estado do Pará, que permitirá a navegabilidade da Hidrovia Araguaia-Tocantins; (2) a construção da ponte entre Porto Murtinho (Mato Grosso do Sul) e Carmelo Peralta (Paraguai), essencial para a Rota Bioceânica, a qual foca a viabilização de um corredor rodoviário até o Oceano Pacífico. A primeira obra impulsionará a agricultura dos estados localizados mais ao Centro e Norte do Brasil, enquanto a segunda obra incentivará o avanço da produção agrícola na região

central do País, especialmente no Mato Grosso do Sul.

## Valor da produção primária

Na década atual, observa-se que a soja gerou uma remuneração maior que a gerada por outros cultivos de primeira safra, em grande parte dos anos, razão que proporcionou a expansão da sua área. Enfatiza-se que o desenvolvimento tecnológico tem sido vital, pois permitiu a introdução da cultura em regiões com condições edafoclimáticas diferentes daquelas observadas nas áreas tradicionais de cultivo. Neste cenário, o Valor Bruto da Produção (VBP) de soja do Brasil, estimado em junho pelo Mapa, é superior a R\$ 173,5 bilhões, 19,8% superior ao VBP alcançado em 2019 (R\$ 144,9 bilhões). A soja, como o principal produto de exportação brasileira, movimentou US\$ 26,328 bilhões, valor US\$ 6,727 inferior ao observado em 2018, reflexo da diminuição das importações pela China, em decorrência da gripe suína.

## Cadeia produtiva dinâmica e moderna

Em função do avanço da cultura, grandes empresas mundiais implantaram suas fábricas ou centro de negócios no Brasil, como indústrias de maquinário, fertilizantes e agrotóxicos a montante, e de comercialização e industrialização de soja, a jusante. O desenvolvimento da cadeia produtiva da soja estimulou outras cadeias produtivas, como milho, algodão feijão-caupi e sorgo, culturas que ampliaram sua área de segunda safra, em sucessão à soja. Também foram estimuladas as cadeias

produtivas animais, como aves, suínos, bovinos e peixes, para as quais a oleaginoso é matéria-prima essencial na sua dieta. A soja também tem sido importante para a sustentabilidade de outros cultivos, sendo adotada na renovação de canaviais e rotação com espécies regionais, como o arroz no Rio Grande do Sul e o capim (para semente) no norte de Minas Gerais.

## Agregação de valor em carnes e outros alimentos

São mais de dois mil usos da soja. Dificilmente passamos um dia sem ter contato com algum produto que contenha soja. Atualmente, é possível encontrar num supermercado perto de 250 produtos alimentícios que contêm soja. Nesse contexto, todo cidadão consome diariamente a soja, seja na forma de alimentos ou de outros produtos que levam o grão. Isso cria uma alta demanda de soja, produzida largamente no Brasil. Nesse contexto, os hábitos da sociedade ditaram a direção da pesquisa em soja, guiando a pesquisa agrícola nos parâmetros associados à cultura (por exemplo: teor de proteína), assim como o desenvolvimento de produtos à base de soja (por exemplo: alimentos, pneus, tintas, cosméticos).

## Liderança nas exportações

A partir dos anos 2000, ano a ano, a soja foi se consolidando como a principal cadeia produtiva brasileira exportadora, descolando das demais cadeias produtivas (carnes, sucoalcooleira, café e florestal). Os seguidos recordes de superavit

na balança comercial brasileira têm, na receita cambial da soja, o baluarte que permite contrabalançar importações de outros setores e o déficit da balança de serviços. Em 2019, a soja foi responsável por 14% das exportações brasileiras e 43% das exportações do agronegócio, além do seu superavit comercial (US\$ 32,5 bilhões) responder por mais de 60% do saldo comercial brasileiro, que alcançou mais de US\$ 48 bilhões, conforme dados do Comex Stat, de julho de 2020.

## Classe média rural e agricultura familiar

Conforme o Censo Agropecuário, mais de 60% dos estabelecimentos produtores de soja têm até 50 ha e mais de 90% até 500 ha. Dito de outro modo, a sojicultura brasileira é conduzida majoritariamente por pequenos e médios produtores familiares e, conforme painéis realizados pela Embrapa, a cultura tem sido primordial para a formatação e manutenção de uma classe média rural, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico da agricultura brasileira.

A soja tem contribuído para a qualidade de vida de municípios produtores, o que pode ser verificado em indicadores como o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Como exemplo, Lucas do Rio Verde (MT) e Luís Eduardo Magalhães (BA), municípios cuja economia é impulsionada pela soja, são aqueles que alcançaram o maior IFDM em seus respectivos estados. Além disso, no Mato Grosso, nove dos dez municípios com maior IFDM, são importantes produtores

de soja, alguns destes contando com indústrias de processamento.

O avanço do agronegócio tem sido essencial para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, mas não tem recebido o devido crédito pelos meios de comunicação. Essa evolução tem propiciado o estabelecimento de polos produtivos (municípios agrícolas), polos de serviços (municípios com organizações provedoras de serviços) e polos agroindustriais (municípios com agroindústrias), que propiciam não apenas o avanço na qualidade de vida das regiões agrícolas, mas também a diminuição do isolamento social de muitos locais, seja pela recomposição da sua população ou pelo maior trânsito de pessoas.

## Automação dos processos e métodos de gestão

As máquinas e os equipamentos utilizados na sojicultura estão cada vez mais eficientes. Esse fator, unido à capacitação dos produtores e familiares, tem proporcionado o aumento da eficiência produtiva e gradativa inserção das mulheres na agricultura, nas operações mecanizadas e, especialmente, na gestão do negócio agrícola. Com o avanço da Agricultura 4.0, espera-se que as universidades e os jovens tenham maior participação na agricultura brasileira, o que trará impactos positivos tanto para a eficiência produtiva quanto para a imagem do agronegócio.

## Referências

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatística**. Disponível em:

<https://abiove.org.br/estatisticas>. Acesso em: 4 mar. 2021.

ACHARVA, J.; MOORMAN, T. B.; KASPAR, T. C.; LENSSEN, A. W.; ROBERTSON, A. E. Cover crop rotation effects on growth and development, seedling disease, and yield of corn and soybean. **Plant Disease**, v. 104, n. 3, Mar. 2020. DOI [10.1094/PDIS-09-19-1904-RE](https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1904-RE).

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2020/21: 7º levantamento, v. 8, n. 7, abr. 2021. 116 p. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/safra/boletim-da-safra-de-graos/item/download/36566\\_871e4d2210be5fca5a6c7bfd2b400a5](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/safra/boletim-da-safra-de-graos/item/download/36566_871e4d2210be5fca5a6c7bfd2b400a5). Acesso em: 26 abr. 2021.

ALMEIDA, A. M. R.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J. R. B.; GAUDÊNCIO, C. A.; TORRES, E. Survival of pathogens on soybean debris under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1231-1238, Oct. 2001. DOI [10.1590/S0100-204X2001001000003](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001001000003).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A. de; VEIGA, M. da; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, maio 2009. DOI [10.1590/S0103-84782009005000107](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 6, p. 569-576, 2008. DOI [10.1590/S0100-83582008000300012](https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300012).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N. de; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F. Phenotypic plasticity in a soybean cultivar with indeterminate growth type. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 1038-1044, Sept. 2018. DOI [10.1590/S0100-204X2018000900007](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000900007).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Indicadores gerais Agrostat**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 4 mar. 2021.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.;

CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 37-74.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for adoption of Integrated Pest Management (IPM): The soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2021. DOI [10.1007/s13744-020-00792-9](https://doi.org/10.1007/s13744-020-00792-9).

CECAGNO, D.; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; REICHERT, J. M.; GUBIANI, P. I.; BALERINI, F.; FINK, J. R.; CARVALHO, P. C. de F. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. **Soil & Tillage Research**, v. 156, p. 54-62, Mar. 2016. DOI [10.1016/j.still.2015.10.005](https://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.005).

COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL. **Desafio nacional de máxima produtividade**. Disponível em: <http://www.cesbrasil.org.br/desafio-da-soja>. Acesso em: 22 out. 2020.

CONAB (Brasil). **Boletim da safra de grãos**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safas/serie-historica-das-safas>. Acesso em: 25 fev. 2021.

CONAB (Brasil). **Série histórica das safras**. 2021. Disponível em: [www.conab.gov.br/info-agro/safas/graos/boletim-da-safra-de-graos](http://www.conab.gov.br/info-agro/safas/graos/boletim-da-safra-de-graos). Acesso em: 4 mar. 2021.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO A. M.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; MARX, E. F. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2018/19 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2019a. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 416).

CONTE, O.; SILVEIRA, J. M.; POSSAMAI, E. J.; HARGER, N. **Resultado do monitoramento integrado da colheita da soja na safra 2018/2019 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2019b. 26 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 157).

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JUNIOR, 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. ½, p. 15-53, jan./ago. 2015. DOI [10.35977/0104-1096.cct2015.v32.23294](https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2015.v32.23294).

COSTAMILAN, L. M.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. Manejo de doenças em soja. In: EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. de (org.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 189-214.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1720-1728, out. 2016. DOI [10.1590/s0100-204x2016001000003](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001000003).

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.

FERREIRA, A. S.; ZUCARELI, C.; WERNER, F.; FONSECA, I. C. de B.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics. **Agronomy Journal**, v. 112, p. 2092-2102, Feb. 2020. DOI [10.1002/agj2.20188](https://doi.org/10.1002/agj2.20188).

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. de; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178-185, Oct. 2012. DOI [10.1016/j.fcr.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.003).

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G. Estimating yield losses in soybean due to sourgrass interference. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-10, June 2019. DOI [10.1590/s0100-83582019370100047](https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100047).

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199 p.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; DIAS, W. P.; HENNING, A. A.; MEYER, M.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M. Soybean diseases in Brazil. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (ed.).

**Compendium of soybean diseases and pests.**

5th ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2015. p. 8-9.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2016a. v. 2, p. 657-675.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 407-421, May 2016b. DOI [10.1590/S0100-204X2016000500002](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500002).

HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. **Compendium of soybean diseases and pests**. 5. ed. St. Paul: APS, 2015. 201 p. DOI [10.1094/9780890544754](https://doi.org/10.1094/9780890544754).

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. J. (ed.). **Biological nitrogen fixation**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. v. 2, p. 1009-1023. DOI [10.1002/9781119053095.ch99](https://doi.org/10.1002/9781119053095.ch99).

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica de nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013a. 22 p. (Embrapa Soja. Documentos, 337).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios**. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62, (Boletim de pesquisa, n. 19).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013b. DOI [10.1007/s00374-012-0771-5](https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5).

MONTOYA, M. A.; BERTUSSI, L. A. S.; LOPES, R. L. **A cadeia soja no Brasil: uma abordagem insumo-produto do PIB, emprego, consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> no período de 2000 a 2014**. São Paulo: TD Nereus, 2017. 40 p.

MORAES, M. T. de; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean and wheat response to cropping and tillage system after two decades in an oxisol under subtropical climate in Brazil. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 146-153, 2017. DOI [10.5380/rsa.v18i3.51553](https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3.51553).

NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; CONTE, O.; HARGER N.; OLIVEIRA F. T. de; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coincoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Embrapa Soja. Circular técnica, 143).

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, M. G. G. **FAST-K: teste rápido para determinação da concentração foliar de potássio (K) em condições de campo na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 1 folder.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (org.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010a. v. 3, p. 1-38.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. de (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 17).

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; MOREIRA, A.; CASTRO, C. de; KLEPKER, D.; LEITE, R. M. V. B. de C.; OLIVEIRA, F. A. de; SFREDO, G. J. Fertilidade do solo e nutrição mineral na incidência de doenças radiculares e da haste em soja. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010b. p. 303-344.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; HARGER, N.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Embrapa Soja. Circular técnica, 156).

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e

produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35-41, set. 2010. DOI [10.1590/S0101-31222010000300004](https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004).

SOUSA, S. M. de; OLIVEIRA, C. A. de; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G. de; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; PAULA LANA, U. G. de; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, May 2020. DOI [10.1007/s00344-020-10146-9](https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9).

TORRES, E.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SARAIVA, O. F.; ALMEIDA, A. M. R. Manejo do solo na prevenção de doenças radiculares. In: ALMEIDA,

A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 207-279.

TORRES, J. B.; BUENO, A. de F. Conservation biological control using selective insecticides: a valuable tool for IPM. **Biological Control**, v. 126, p. 53-64, Nov. 2018. DOI [10.1016/j.biocontrol.2018.07.012](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.012).

UNGER, P. W.; KASPAR, T. C. Soil compaction and root growth: a review. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 5, p. 759-766, 1994. DOI [10.2134/agronj1994.00021962008600050004x](https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600050004x).



Capítulo 8

## Pecuária de corte

Otimização do uso  
da terra e adoção da  
intensificação sustentável

Lucimara Chiari  
Rodrigo da Costa Gomes  
Davi José Bungenstab  
Andrea Alves do Egito  
João Batista Catto  
Flávio Ribeiro de Araujo  
Fabiana Villa Alves  
Roberto Giolo de Almeida  
Rodrigo Amorim Barbosa

Foto: punkturunfo (Pixabay)



Na pecuária de corte brasileira, a intensificação sustentável visa otimizar o uso da terra, fazendo com que as áreas utilizadas atinjam, do ponto de vista econômico-ambiental, seu ponto ideal de produção, exercendo o efeito conhecido como poupa-terra. Para tanto, existem várias tecnologias empregadas na produção de carne bovina que, comprovadamente, levam a um aumento substancial em diversos índices zootécnicos, que são os melhores indicadores de melhoria da eficiência dos sistemas de produção de carne. Vale destacar que, independentemente do tipo específico de sistema de produção e das tecnologias adotadas, o uso e incremento dessas é sempre positivo em termos de efeito poupa-terra e, conseqüentemente, de aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção, o que nos leva a crer que o Brasil pode até dobrar sua produção total de carne bovina nas próximas décadas sem a necessidade técnica de se abrir novas áreas.

## Uso da terra e intensificação sustentável

A evolução do setor agropecuário inevitavelmente leva a mudanças no uso da terra, seja qual for o lugar do mundo. A quantidade, a qualidade e a velocidade dessa mudança, todavia, é variável. Além disso, esses fatores podem ter conseqüências positivas ou negativas, dependendo da conjuntura socioeconômica da região e de sua orientação para o desenvolvimento sustentável. Atualmente, países em desenvolvimento, como o Brasil, buscam maior sustentabilidade no setor

agrícola, e um dos caminhos para isso é o crescimento ordenado e, de certa forma, verticalizado, por exemplo, intensificando-se as atividades já desenvolvidas nas áreas em uso para minimizar a necessidade de abertura de novas áreas. Em países industrializados, contrariamente, a intensificação está ligada ao uso, muitas vezes excessivo, de insumos industrializados que geram externalidades negativas, principalmente sobre o meio ambiente.

Especificamente na pecuária de corte brasileira, a intensificação sustentável visa otimizar o uso da terra, fazendo com que as áreas utilizadas atinjam, do ponto de vista econômico-ambiental, seu ponto ideal de produção. Isso não significa necessariamente maior uso de insumos, mas sim uma melhor combinação dos fatores bióticos e abióticos, com melhor utilização de tecnologias que favorecem a produtividade, tanto do solo quanto dos animais. Também não implica em perda de bem-estar animal, ou qualquer outro prejuízo à biodiversidade.

## A evolução da pecuária de corte no Brasil: uma visão geral

A pecuária é a única atividade presente em todos os municípios brasileiros, sendo que, em mais da metade dos municípios de alguns estados, essa é a principal atividade econômica. Mesmo ocupando grande parte do País, ainda há espaço para seu crescimento, sem que necessariamente se avance sobre áreas florestadas, o que é mais difícil de ser feito em outros países da América Latina e também



Foto: Breno Lobato

na Austrália, África e Ásia. Em alguns casos, como nos sistemas em integração do tipo silvipastoril (pecuária-floresta) e agrossilvipastoril (lavoura-pecuária-floresta) tem-se, inclusive, a recomposição da paisagem com introdução de árvores nativas ou exóticas, com reconhecidas vantagens ambientais, econômicas e sociais, incluindo serviços ecossistêmicos como fixação de carbono e bem-estar animal, entre outros.

Além disso, desde 2004, o Brasil destaca-se como maior player mundial no setor de carnes, passando a exportar mais de 1 milhão de toneladas de carne bovina. Esse primado foi mantido na década seguinte, atingindo seu ápice em 2019, com 1,86 milhão de toneladas<sup>1</sup> exportadas, responsável por cerca de 20% do faturamento dos frigoríficos. Ademais, nos últimos 10 anos, de 2009 a 2019, a participação da pecuária de corte no PIB total do Brasil passou de 7,8% para 8,5%, sendo que, em 2019, o Brasil exportou carne para 154 países, 53 países a mais que no ano anterior, de acordo com a Abiec (2020).

De 2004 a 2019, o número de abates de bovinos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aumentou em aproximadamente 25%, passando de 25,94 milhões para 32,45 milhões<sup>2</sup>, indicando um aumento no desfrute, tendo em vista que, no mesmo período, o rebanho bovino brasileiro apresentou ligeiro aumento, de 4,5%, passando de 204,51 milhões para 213,68 milhões de cabeças (ABIEC, 2020). Quanto ao peso total produzido de carcaças, de 2004 a 2019, houve aumento em 39%, de 5.906 milhões de toneladas para 8.219 milhões de toneladas<sup>3</sup>, sendo que o peso por carcaça aumentou de 228 kg para 253 kg durante o mesmo período, indicando uma melhoria na eficiência de produção de carne no País.

É preciso considerar que todo esse aumento se deu sem que fosse necessário aumentar a área de pastagens. Dados oficiais, no período abrangente entre os Censos Agropecuários de 2006 e 2017, comprovam que a área total com pastagens no Brasil praticamente não foi alterada, de 160 milhões de hectares para

<sup>1</sup> Disponível em: <http://abiec.com.br/exportacoes>.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092>.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092>.

159 milhões de hectares. Sendo que houve um aumento relativo nas áreas com pastagens plantadas (+10%) em detrimento das áreas com pastagens naturais (-18%) (IBGE, 2006, 2017), o qual indica um maior investimento em tecnologia, com perspectiva de que parte das áreas com pastagens naturais tenham sido incorporadas a níveis de produtividade mais elevados.

Outro indicativo da melhoria na eficiência de produção de carne no Brasil pode ser observado a partir de dados da Abiec (2020), em que a porcentagem de bois (exceto touros) terminados com mais de 36 meses, no total de machos, no período de 2004 a 2019, diminuiu de 34,2% para 5,9%. Isso reforça o aumento na utilização de tecnologias que aceleram o ciclo produtivo, favorecendo a precocidade e seus benefícios, como maior qualidade de carne. Destacam-se a recuperação de pastagens degradadas, uso de sistemas em integração, confinamento e semiconfinamento a pasto, adubação de pastagens, suplementação animal, uso de forrageiras adaptadas, uso de raças bovinas tolerantes ao calor e uso de boas práticas agropecuárias, dentre outras.

## O efeito poupa-terra da pecuária de corte brasileira

Várias são as tecnologias empregadas na produção de carne bovina, cujos impactos estimados otimizam o uso da terra, exercendo o efeito conhecido como poupa-terra. Para facilitar a descrição e entendimento, essas podem ser agrupadas

levando em conta os quesitos principais dos sistemas produtivos brasileiros, a saber:

- Melhoramento genético animal e biotécnicas reprodutivas.
- Melhoramento, manejo e recuperação de pastagens.
- Suplementação alimentar a pasto e confinamento.
- Controle de doenças e parasitoses.
- Sistemas integrados de produção.

O uso e aperfeiçoamento constante dessas tecnologias comprovadamente levam a aumento substancial em diversos índices zootécnicos, que são no caso os melhores indicadores de melhoria da eficiência dos sistemas de produção de carne, que em última análise culminam no indicador – quantidade de carne produzida por hectare por ano com que nível de impacto. É importante já aqui ressaltar que, por tratar-se de sistemas extensivos em geral aquém de seu potencial produtivo, o aumento da eficiência dos sistemas de produção de carne não necessariamente significa aumento no impacto ambiental, muito pelo contrário, como no caso de pastagens degradadas, a recuperação delas aumenta sobremaneira sua produtividade e as tira de uma situação de emissoras de gases de efeito estufa para uma excelente fonte de sequestro e fixação de carbono no solo.

Portanto, os principais índices aqui considerados foram: taxa de lotação das pastagens, redução na idade de abate dos bovinos ou sua entrada em

reprodução, especialmente no caso de fêmeas, aumento da fertilidade, aumento no peso à desmama, redução na mortalidade e aumento no peso de carcaça do animal abatido. Para fins de cálculo da área de terra “poupada” pela melhoria de produtividade proporcionado por cada tecnologia, a análise baseou-se em índices de produtividade de 3 ou 4 décadas passadas, quando se iniciou de fato a expansão da fronteira agrícola brasileira, conforme sumarizado na Tabela 1.

Ao final deste capítulo, está brevemente apresentado o caso de Mato Grosso do Sul, considerado o estado pioneiro no passado com relação à expansão da fronteira agrícola, quanto no presente na adoção de tecnologias poupa-terra. A análise das mudanças de uso da terra, considerando todo o território do estado, juntamente com os dados de produção de carne, provam que a intensificação da pecuária de corte permite a disponibilização de espaço para outras atividades agrícolas e até mesmo o aumento das áreas de preservação natural, sem prejuízo para a produção de carne.

## Estimativas de efeito poupa-terra de tecnologias empregadas na pecuária de corte brasileira

### Melhoramento genético bovino e biotécnicas reprodutivas

O rebanho bovino brasileiro passou por reconhecida evolução genética devido ao avanço das técnicas e dos programas de melhoramento genético. O pioneiro deles foi o Programa de Melhoramento Genético de Bovinos de Corte (Geneplus), liderado pela Embrapa, Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP) e Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ) (Ferraz; Felício, 2010). Mais recentemente, os programas começaram a empregar inclusive técnicas mais avançadas de avaliação genética utilizando dados genômicos associados a fenótipos. Além disso, deve-se destacar o aumento no uso de cruzamento industrial a partir de matrizes zebuínas (Nelore e anelordas) e touros de raças taurinas e compostas. O impacto da melhoria genética pode ser medido, por exemplo, pelo aumento no peso de carcaça ao abate, pela redução

**Tabela 1.** Índices de produtividade da pecuária de corte brasileira no início da expansão da fronteira agrícola.

Indicador	Unidade	Valor	Ano referência	Referência
Produtividade	kg de equivalente carcaça por hectare ao ano	11,97	1970	Martha Junior et al. (2012)
Peso de carcaça de machos	kg	225,00	1983	Thiago e Costa (1983)

na idade ao abate e à primeira reprodução e pelo aumento na fertilidade. Em uma avaliação com base nos ganhos em peso à desmama, Rosa et al. (2016) estimaram que o uso de touros melhoradores pode elevar em 15,26 kg o peso à desmama de criatórios comerciais, o que pode significar um incremento de mais de 10% já nessa fase do ciclo produtivo, em que o animal não completou ainda 1 ano. Em 1970, não existiam programas de melhoramento genético de bovinos no Brasil.



Foto: Breno Lohato

Considerando que a produção de touros melhoradores seja na ordem de 200 mil e que estes sejam acasalados com 6 milhões de vacas por ano, com taxa de desmama média de 65%, espera-se a produção de 3,9 milhões de bezerros melhorados, com a produção adicional de 59,5 mil toneladas de peso vivo já na desmama, o que é equivalente a 29,8 mil toneladas de carcaça. Essa quantidade de carcaça proporcionada pelo melhoramento genético para aumento da produção de peso vivo

demandaria o equivalente a 2,49 milhões de hectares adicionais por ano, se levada em conta a produtividade que era obtida no ano de 1970, adotado como referência para esta análise.

No contexto da reprodução de bovinos, a inseminação artificial (IA) é uma técnica essencial para a melhoria genética do rebanho, seja por seleção ou por cruzamento industrial. O incremento dessa tecnologia com o uso de inseminação artificial em tempo fixo facilitou o manejo dos sistemas de produção, facilitando seu uso, e sendo de grande influência para sua expansão tanto no passado recente quanto no futuro. O impacto da IA, além de melhoria da qualidade genética e uniformidade dos lotes de animais, com impacto direto no manejo e comercialização, tem grande influência na melhoria de desempenho das progênes decorrentes de seu uso, além de possíveis benefícios sobre índices de fertilidade. Segundo Asbia (2020), 16% das matrizes de corte são atualmente inseminadas no

Brasil, evoluindo 6 pontos percentuais desde 2012. De acordo com Baruselli (2020), o índice de aumento de emprego da inseminação artificial é elevado, saindo de 3,4 milhões em 2002 para 9,7 milhões de matrizes de corte inseminadas. Estima-se ainda que a inseminação artificial possa atualmente ser utilizada em 10,2 milhões de matrizes de corte, elevando a produção de bezerros em 8%, equivalente 816 mil bezerros por ano (Baruselli et al., 2019). Estima-se ainda

que o peso de carcaça ao abate seja elevado em 15 kg nos bezerros oriundos de inseminação artificial, perfazendo uma produção adicional de 12,2 mil toneladas de carcaça. Considerando a produtividade na década de 1970, relatada por Martha Junior et al. (2012), a inseminação artificial mostrou ser capaz de poupar 1,02 milhão de hectares por ano.

Deve-se destacar, mais uma vez, que as tecnologias que melhoram os índices finais dos sistemas de pecuária têm interação estreita entre si e efeito sinérgico evidente, porém difícil de se dissociar umas das outras. Neste caso, por exemplo, é difícil de estimar o efeito poupa-terra do melhoramento genético dos rebanhos isoladamente. Todas as melhorias de índices que levam ao efeito poupa-terra, das melhorias das pastagens às tecnologias de natureza nutricional, por exemplo, contam com a melhoria genética dos rebanhos. A alta produtividade em confinamento, que leva a uma maior produção de carcaça por hectare e à redução da necessidade de áreas produtivas, também é resultado da melhoria do

potencial genético de ganho de peso dos animais e não apenas da maior oferta de um melhor alimento.

## Melhoramento, manejo e recuperação de pastagens

A partir da década de 1970, com o desenvolvimento de cultivares de forrageiras mais produtivas e resistentes a pragas e doenças para pastagens, as propriedades elevaram sua capacidade de lotação, aumentando o rebanho em relação à mesma área, ou reduzindo a área para um mesmo rebanho. Além disso, ganhos significativos aconteceram na produtividade animal. Um relato de como os índices foram transformados na época da implantação de pastagens cultivadas no Brasil foi dado por Lima et al. (1979). Em pesquisa na Embrapa Gado de Corte, avaliando o efeito da pastagem cultivada sobre a idade à primeira reprodução de fêmeas zebuínas, os autores relataram que o uso de pastagem cultivada por si só permitiu adiantar a idade ao primeiro parto em 1 ano.



Utilizando dados do IBGE, Martha Junior et al. (2012) relataram que a taxa de lotação saiu de 0,51 cabeça por hectare em 1970 para 1,08 cabeça por hectare em 2006. Abiec (2020) reporta taxa de lotação, em 2019, de 1,31 cabeça por hectare, o que equivale a uma lotação 257% maior que aquela de 50 anos atrás. Vale ressaltar que os incrementos obtidos em produtividade nas últimas décadas foram, também, fruto da melhoria de técnicas de manejo das pastagens e do solo. Considerando-se um rebanho de 213,70 milhões de cabeças e a taxa de lotação que existia em 1970, a área necessária hoje para o rebanho em tal cenário seria de 418,98 milhões de hectares, ao passo que, na realidade, hoje a atividade ocupa apenas 162,53 milhões de hectares, ou seja, uma redução de 256,50 milhões de hectares.

Nesse contexto, descontando-se o número de animais terminados intensivamente em confinamento e a pasto e considerando os cálculos a seguir, a terminação intensiva em confinamento e a pasto juntos podem ter um efeito poupa-terra de 85,7 milhões de hectares. Com isso, o efeito poupa-terra final do uso de pastagens cultivadas no Brasil pode chegar a 180 milhões de hectares.

## Suplementação alimentar a pasto e produção confinada

Com o melhoramento genético, o desenvolvimento de cultivares forrageiras mais produtivas e a ampla disseminação das pastagens cultivadas no Brasil, a pecuária nacional definitivamente se sustentou

em sistemas de produção a pasto, com estimativa de que mais de 95% da carne produzida nesse tipo de sistema, considerando o ciclo do nascimento ao abate. Entretanto, a evolução no uso de pastagens também passou pela solução de alguns problemas de ordem nutricional pelo desenvolvimento e difusão do uso de práticas como a suplementação mineral, suplementação proteica e proteico-energética, terminação intensiva a pasto e confinamento. Todas essas foram técnicas inovadoras para seu tempo que lograram suprir carências nutricionais das próprias plantas e dos solos brasileiros, além da conhecida estacionalidade forrageira, ou seja, a redução de crescimento e a perda da qualidade nutricional dos pastos na época da seca.

Sobre a suplementação mineral, tendo seu advento na década de 1970, estudos mostraram que sua adoção leva a aumento de 36% na taxa de desmama, de 30 kg no peso à desmama e em 38,9 kg no ganho de peso por ano (McDowell, 1999). Levando em consideração que o último indicador pode ser considerado como o peso adicional ao abate de animais jovens, que o número de animais abatidos considerados jovens em 2019 foi de 5,2 milhões de cabeças<sup>4</sup> e que apenas 50% do rebanho de recria e engorda recebe suplementação mineral, a produção adicional em carcaça pode se equivaler a 50,5 mil toneladas de carcaça. Esse número equivale a poupar 4,22 milhões de hectares de terra por ano apenas com essa simples técnica, considerando-se

---

<sup>4</sup> Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092>.

como sempre a referência de produtividade da década de 1970. Tendo em vista que o aumento na taxa de desmama, citado por McDowell (1999), seja de 22 pontos percentuais, que a suplementação mineral ocorra em 50% do rebanho de cria (número conservador) e que o abate de novilhos em 2019 foi de 1,57 milhão, a demanda adicional de matrizes necessárias para a produção de bezerras para suprir o referido número de abates seria de 1,47 milhão. Considerando a lotação de 1,06 unidade animal por hectare (ABIEC, 2020), a suplementação mineral pode estar poupando ainda outros 1,39 milhão de hectares, num total de 5,61 milhões de hectares por ano.

Com o intuito de reduzir os efeitos da sazonalidade forrageira, duas práticas têm aumentado sua adoção: a terminação em confinamento e a terminação intensiva a pasto. De acordo com Abiec (2020), 6,09 milhões de animais abatidos em 2019 foram terminados em confinamento. Isso representa uma evolução de mais de 4 milhões de cabeças quando comparados a 2001 (2,06 milhões), período mais antigo coberto por aquela publicação. Infelizmente, não é possível precisar o número de animais confinados na década de 1970, mas acredita-se que o número deve ser abaixo de 500 mil animais por ano. Já a terminação intensiva a pasto é relativamente recente no Brasil e não há estatísticas

sobre seu uso. Entretanto, pela facilidade de sua adoção, é razoável afirmar que o número de animais terminados nessa estratégia seja de pelo menos 50% daquele referente à técnica de confinamento, ou seja, 3 milhões de cabeças.

Os confinamentos de bovinos de corte no Brasil têm uma peculiaridade interessante quando comparados a outros países. Nos sistemas brasileiros, os animais permanecem confinados em média apenas os últimos 90 dias antecedentes ao abate, com ganho de peso ao longo do período de aproximadamente 1,4 quilograma por animal por dia (Oliveira; Millen, 2014), sendo que aproximadamente 65% do ganho de peso se realize em carcaça, num total de 81,9 kg de carcaça produzidas por animal. Além dos aspectos de bem-estar animal e baixa utilização de insumos industrializados externos, uma vez que os confinamentos são normalmente realizados no período seco do

ano, sua produtividade deve ser comparada com a expectativa de ganho de peso de animais exclusivamente a pasto recebendo suplemento mineral. Nesse cenário, espera-se ganho de  $0,10 \text{ kg dia}^{-1}$  e a produtividade em 90 dias seria de 5,85 kg de carcaça.

Em termos de efeito poupa-terra dos confinamentos, considerando-se uma lotação de aproximadamente 500 animais por hectare e consumo diário de 25 kg de uma dieta composta de volumoso, milho e soja, estima-se



Foto: Vanderey Porfírio da Silva

que a área necessária para o ciclo de engorda confinada seja de 0,17 hectare por cabeça – com base em produtividade de grãos descrita por Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2019). Já para a engorda a pasto com suplementação mineral, a necessidade de área seria de 0,76 hectare por cabeça com base na taxa de lotação média estimada de 1,31 cabeça por hectare (ABIEC, 2020). Considerando-se que 6,09 milhões de cabeças confinadas produziram 498,8 mil toneladas de carcaça com a demanda de 1,04 milhão de hectares, o mesmo rebanho no cenário a pasto demandaria 65,10 milhões de hectares para produzir a mesma quantidade de carcaça. Sendo assim, a terminação em confinamento é capaz de exercer um efeito poupa-terra de 64 milhões de hectares por ano.

Quanto à terminação intensiva a pasto, assim como o confinamento, ela permite reduzir a idade de abate em até 6 meses, ou mesmo aumentar a produção de carcaça no mesmo período de terminação. Trata-se do fornecimento de ração concentrada em níveis entre 1,5% e 2,0% do peso corporal, em lotações de 4 a 10 animais por hectare. Em uma abordagem conservadora, considerando-se uma lotação de 4 animais por hectare e consumo diário de 8 kg de ração composta de milho e soja, estima-se que a área necessária para o ciclo de engorda na terminação intensiva a pasto seja de 0,39 hectare por cabeça – com base em produtividade de grãos descrita por Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2019). Já para a engorda a pasto com suplementação mineral, a necessidade de área seria de 0,76 hectare por cabeça com base na



taxa de lotação média estimada de 1,31 cabeça por hectare (ABIEC, 2020). Considerando-se que 3 milhões de cabeças em terminação intensiva a pasto produziram 175,5 mil toneladas de carcaça com a demanda de 1,16 milhão de hectares, o mesmo rebanho no cenário a pasto com sal mineral demandaria 22,9 milhões de hectares para produzir a mesma quantidade de carcaça. Sendo assim, a terminação intensiva a pasto é capaz de exercer um efeito poupa-terra de 21,7 milhões de hectares por ano.

## Controle de doenças e parasitoses

Além dos aspectos de melhoramento genético, reprodução e nutrição, a sanidade dos rebanhos tem influência muito significativa na melhoria dos índices zootécnicos que culminam no efeito poupa-terra. Além do fato de se evitar perdas por baixo desempenho causadas por doenças e parasitoses, é importante notar que rebanhos mais produtivos também são mais suscetíveis a esses fatores, de certa forma aumentando proporcionalmente a importância desse aspecto conforme se aumenta o desempenho animal.

O avanço no controle de doenças de bovinos é, sem dúvida, uma das grandes conquistas para o aumento da produtividade da carne bovina brasileira, assim como da ampliação do mercado consumidor interno e externo. Apesar de nem todos os avanços serem facilmente quantificáveis em termos de impacto na questão de uso da terra, alguns têm claro benefício sobre desempenho animal,

permitindo análises nesta abordagem. O controle estratégico de helmintos é um exemplo de tecnologia desenvolvida na década de 1970 e amplamente empregada atualmente. Definindo a frequência e o melhor período de uso de anti-helmínticos, o controle conhecido como 5-7-9 (números referentes aos meses de aplicação do anti-helmíntico no Brasil Central) (Bianchin et al., 1995) é capaz de aumentar o ganho de peso individual em até 42 kg ano<sup>-1</sup> em bovinos de recria e engorda até os 24 meses de idade. Para a estimativa do efeito poupa-terra dessa tecnologia, considerou-se o abate em 2019 de 5,2 milhões de novilhos e novilhas, animais jovens aos quais é recomendado o emprego do controle estratégico de helmintos, um ganho adicional de 20 kg de peso de carcaça e uma estimativa conservadora de adoção de 50% da tecnologia. Nesse cálculo, o controle estratégico de helmintos proporcionaria uma produção adicional de carcaça de 52 mil toneladas. Considerando a produtividade por hectare da década de 1970 descrita por Martha Junior et al. (2012), o efeito poupa-terra seria então equivalente a 4,3 milhões de hectares.

O Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal (PNCEBT) foi instituído em 2001 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para diminuir a prevalência daquelas doenças. Estima-se que a implantação do programa de vacinação da brucelose levou à redução da prevalência de rebanhos infectados em Minas Gerais, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul em 43% em média,



em um prazo de 10 anos (Ferreira Neto et al., 2016). Com base nas estimativas de perdas econômicas realizadas por Santos et al. (2013) e considerando apenas os quatro estados citados, estima-se terem sido evitadas perdas de 24,6 mil toneladas de carcaça o que, comparado à produtividade da década de 1970, equivaleria a um efeito poupa-terra de 2,06 milhões de hectares. Obviamente, considerando que as doenças em questão também são questões de saúde pública, há um imenso impacto do PNCEBT que não se pode medir pela abordagem do efeito poupa-terra.

## Sistemas integrados de produção

Em 2010, o Brasil foi pioneiro na proposição do Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC). Em sua segunda fase (2020–2030), tem estimulado o uso de tecnologias melhoradas relacionadas à pecuária de corte, como a recuperação de pastagens e sistemas de integração. Nas safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, os recursos

totais contratados pelo Plano ABC foram de 1,81 bilhão de reais, 1,55 bilhão de reais e 1,63 bilhão de reais, respectivamente, sendo 61%, 48% e 38% desses recursos desembolsados com a recuperação de pastagens; e de 7%, 6% e 6% com sistemas de integração, respectivamente (Observatório ABC, 2018, 2019).

A partir de então, o uso de sistemas em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para produção de carne, grãos e madeira tornou-se realidade no Brasil. Entre suas vantagens, estão a intensificação sustentável do uso da terra, a diversificação da produção, a conservação do solo, o melhor uso dos recursos naturais e dos insumos, a redução da pressão pela abertura de novas áreas (efeito poupa-terra), o maior bem-estar animal, o sequestro de carbono, a mitigação das emissões de gases, dentre outras.

Com a adoção de sistemas de integração em suas diferentes combinações, o produtor obtém um produto adicional na mesma área de terras previamente ocupada com sistemas tradicionais, incluindo madeira, grãos e carne bovina na mesma área. Dependendo da configuração desses

sistemas, que pode variar bastante, estima-se que o efeito poupa-terra seja de 30% a 50% nas áreas ocupadas por sistemas de integração, podendo atingir cifras próximas de 75% dependendo do potencial produtivo da área e do nível de intensificação adotado. Considerando levantamento realizado pela Associação Rede ILPF (ILPF..., 2016), estima-se uma área de 11,5 milhões de hectares com os diversos tipos de sistemas de integração, sendo 83% com integração lavoura-pecuária (ILP) ou sistemas agropastoris, 9% com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou sistemas agrosilvipastoris, e 7% com integração pecuária-floresta (IPF) ou sistemas silvipastoris, sendo 1% com integração lavoura-floresta (ILF) ou sistemas silviagrícolas, que não envolvem a pecuária. Desta forma, numa estimativa mais conservadora, os sistemas integrados seriam capazes de impor um efeito poupa-terra na ordem de 3,45 milhões de hectares.

## Estudo de caso: melhoria da eficiência no uso da terra no estado de Mato Grosso do Sul

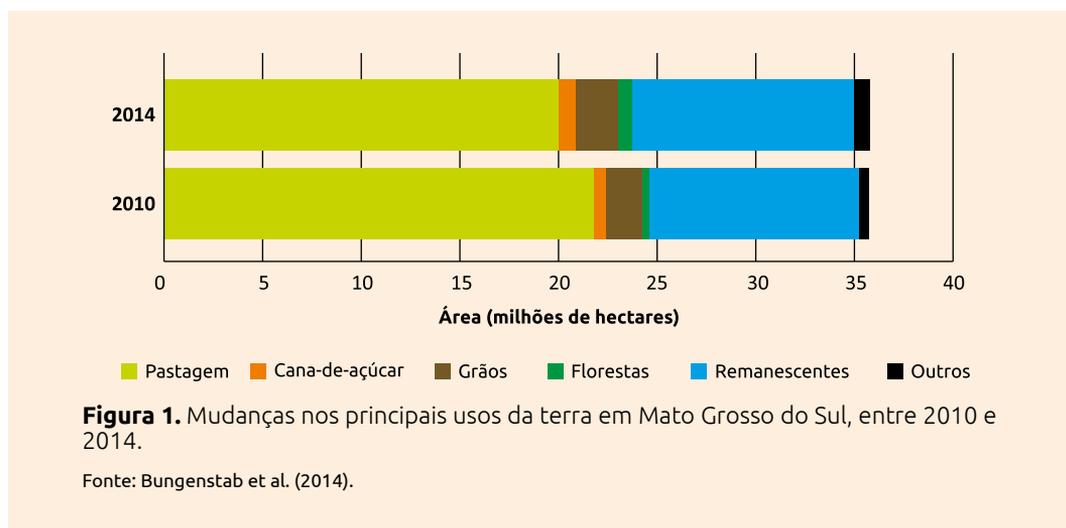
A região Centro-Norte do Brasil é onde atualmente ocorrem as maiores mudanças no uso da terra no Brasil. Nesse contexto, o estado de Mato Grosso do Sul pode ser considerado um bom “termômetro” de como essas mudanças tendem a ocorrer. A pecuária de corte extensiva é uma de suas principais atividades econômicas do estado. Devido especialmente à sua proximidade com as regiões Sudeste e Sul, onde estão os maiores centros

consumidores e pontos de exportação, outras atividades do agronegócio têm se expandido em Mato Grosso do Sul, influenciando especialmente os preços da terra e levando conseqüentemente a alterações em seu uso e ocupação.

As atividades tradicionais no estado têm mostrado sinais de ajustar-se às diferentes aptidões de cada região, conforme os recursos disponíveis, especialmente relacionados com solos e clima. Naturalmente, a cadeia da pecuária de corte como um todo e os estabelecimentos rurais, individualmente, são levados a promover as respectivas alterações em seus sistemas produtivos para continuarem competitivos.

Para se analisar com mais detalhes essa dinâmica no uso da terra que se percebe em Mato Grosso do Sul e que pode futuramente se repetir em outras regiões do País e até de outras partes do globo com condições similares, foi realizado estudo considerando as microrregiões geográficas do estado, com as mudanças de uso da terra ocorridas nas mesmas entre 2010 e 2014. Foram utilizados dados do Sistema de Informações Geográficas do Agronegócio de Mato Grosso do Sul (Siga/MS), organizado pela Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso do Sul (Aprosoja/MS) e Sistema Famasul.

A Figura 1, que agrega as principais atividades agrícolas na região, evidencia que o crescimento da produção de grãos, cana-de-açúcar e florestas comerciais, essencialmente de eucaliptos, ocorreu sobre áreas de pastagens.



Com um aumento de quase 1 milhão de hectares, a área total com cultivos passou de 2,77 milhões para 3,74 milhões de hectares entre 2010 e 2014. Já a área de pastagens, que cobria 61% da área total do estado em 2010, baixou de 21,82 milhões para 20,03 milhões de hectares no período. O setor florestal teve um crescimento de 106%. Ao mesmo tempo, nota-se um outro aspecto muito interessante do ponto de vista ambiental: a área total de remanescentes de vegetação nativa aumentou em mais de meio milhão de hectares.

O avanço dos cultivos ocorrido sobre áreas de pastagens levou à redução no total do rebanho de bovinos em Mato Grosso do Sul. Porém essa mudança ocorreu em graus variáveis conforme a região do estado e sua aptidão agrícola. Ao se analisar detalhadamente os dados do rebanho e volumes de abate, observou-se que, ao mesmo tempo em que houve uma redução constante no contingente de bovinos, o número de animais destinados ao abate aumentou nos últimos 4 anos. Em

números, enquanto o rebanho estadual teve uma redução de mais de 1 milhão de cabeças, o número de animais abatidos teve um aumento de mais de 60 mil cabeças. Esses números evidenciam a tendência de aumento na eficiência produtiva do rebanho bovino de corte do estado, especialmente relacionada com redução na idade de abate dos animais. Isso ocorre naturalmente devido à necessidade de se otimizar o uso da terra.

A análise detalhada dos dados permite também verificar que especialmente o setor florestal expandiu-se na região leste do estado, de solos menos férteis, tradicionalmente ocupados pela pecuária. O rebanho nessa região, conseqüentemente, também sofreu reduções, porém essas não foram tão drásticas como nas regiões de solos mais férteis. E o mais importante, essas reduções de rebanho não ocorreram nas mesmas proporções de redução de áreas de pastagens, considerando-se a lotação animal média por hectare. Isso demonstra que o pecuarista está disposto a promover melhorias em

seu sistema de produção para continuar na atividade.

Esse é um aspecto muito importante da análise realizada, pois se percebe aí um grande potencial para expansão de sistemas de integração, especialmente de pecuária-floresta, mas também de lavoura-pecuária-floresta.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária têm de certa forma a facilidade de produzir duas commodities de simples comercialização, no caso, carne e grãos. Por outro lado, os sistemas que incorporam o componente florestal demandam muita atenção prévia para o aspecto da venda do produto florestal, especialmente para questões de logística de colheita e transporte até a unidade processadora.

As condições, portanto, são mais favoráveis para o desenvolvimento de sistemas integrados nessas áreas onde já existe uma infraestrutura regional do setor florestal. Isso facilitaria tanto a implementação desses sistemas, como no caso de terceirização do plantio das árvores, quanto asseguraria a destinação ideal e remuneração satisfatória de seus produtos.

Tecnologias vêm sendo desenvolvidas e disponibilizadas especificamente para sistemas integrados de produção. Da mesma forma, existe incentivo governamental com linhas de crédito específicas para isso. Portanto, em regiões com as características similares às de Mato Grosso do Sul, o diálogo e a parceria entre pecuaristas e produtores de grãos, mas especialmente com o setor florestal, poderá trazer resultados excelentes para todas as partes envolvidas. Dessa forma será possível não apenas promover o desenvolvimento

regional, mas de fato implementar sistemas de produção agroindustriais baseados na intensificação sustentável.

## Perspectivas

Independentemente do tipo específico de sistema de produção e das tecnologias adotadas, o uso e incremento destas é sempre positivo em termos de efeito poupa-terra e, conseqüentemente, de aumento da sustentabilidade dos sistemas. As análises realizadas neste documento não esgotam as tecnologias capazes de serem avaliadas e também não se propõem a ser plenamente precisas, já que há uma conhecida interface e interação entre tecnologias, o que é difícil de delimitar. De qualquer maneira, tendo-se consciência dos progressos já obtidos, como evidenciado pelos números aqui apresentados, e com a gama de tecnologias disponíveis e em desenvolvimento, tem-se a convicção de que é possível continuar aumentando a produtividade dos sistemas pecuários brasileiros, quiçá até dobrando sua produção total nas próximas décadas sem a necessidade técnica de se abrir novas áreas para se atingir esses números.

## Referências

ABIEC. Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef report – perfil da pecuária no Brasil**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2018/19: quarto levantamento, v. 6, n. 4, p. 1-126, jan. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos-boletim-da-safra-de-graos/item/download/2>

[3999\\_5\\_7b97f236\\_e2bf03f1f87c796a16fab99](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000600012).

Acesso em: 26 fev. 2021.

ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index 2019**. [2020]. Disponível em: <http://www.asbia.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Index-asbia-1.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.

BARUSELLI, P. S. Evolução da inseminação artificial em fêmeas bovinas de corte e de leite no Brasil.

**Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal**, ed. 4, 15 jul. 2020.

BARUSELLI, P. S.; CATUSSI, B. L. C.; ABREU, L. A.; ELLIFF, F. M.; SILVA, L. da G. da; BATISTA, E. S.; CREPALDI, G. A. Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 43, n. 2, p. 308-314, abr./jun. 2019.

BIANCHIN, I.; HONER, M. R.; NUNES, S. G.; NASCIMENTO, Y. A. do. Effect of stocking rates and anthelmintic treatments on weight gains in weaned Nelore cattle on improved pasture in the Brazilian cerrado. **Tropical Animal Health and Production**, v. 27, p. 1-8, 1995. DOI [10.1007/BF02236326](https://doi.org/10.1007/BF02236326).

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, Feb. 2010. DOI [10.1016/j.meatsci.2009.06.006](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006).

FERREIRA NETO, J. S. F.; SILVEIRA, G. B. da; ROSA, B. M.; GONÇALVES, V. S. P.; GRISI-FILHO, J. H. H.; AMAKU, M.; DIAS, R. A.; FERREIRA, F.; HEINEMANN, M. B.; TELLES, E. O.; LAGE, A. P. Analysis of 15 years of the National Program for the Control and Eradication of Animal Brucellosis and Tuberculosis, Brazil. **Semina: ciências agrárias**, v. 37, n. 5, p. 3385-3402, 2016. Suplemento 2. DOI [10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3385](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n5Supl2p3385).

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: segunda apuração. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2006/segunda-apuracao>. Acesso em: 26 fev. 2021.

IBGE. **Censo agropecuário 2017**: resultados definitivos. Brasília, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ILPF em números. [Sinop: Embrapa, 2016]. 12 p. 1 folder.

LIMA, O. P.; PORTO, J. C. A.; VALLE, E. R. do. **Idade e peso a primeira concepção de novilhas neloradas. 1. Efeito do uso de pastagem cultivada (*Brachiaria decumbens*) durante a segunda seca após a desmama**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1979. 2 p. (EMBRAPA-CNPGC. Pesquisa em andamento, 14). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137429/1/PESQ-EM-ANDAMENTO-14.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, July 2012. DOI [10.1016/j.agsy.2012.03.001](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.001).

MCDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Gainesville: University of Florida, 1999. 92 p.

OBSERVATÓRIO ABC. **Análise dos recursos do Programa ABC, safra 2016/17**: relatório completo. São Paulo: FGV/EESP, 2017. 35 p.

OBSERVATÓRIO ABC. **Análise dos recursos do Programa ABC, safras 2017/18 e 2018/19**. São Paulo: FGV/EESP, 2019. 39 p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science And Technology**, v. 197, p. 64-75, Nov. 2014. DOI [10.1016/j.anifeeds.2014.08.010](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2014.08.010).

ROSA, A. do N. F.; TORRES JÚNIOR, R. A. A.; COSTA, F. P.; MENEZES, G. R. de O.; NOGUEIRA, É. **Potencial de retorno econômico pelo uso de touros Nelore geneticamente superiores em monta natural**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2016. 16 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 215).

SANTOS, R. L.; MARTINS, T. M.; BORGES, A. M.; PAIXÃO, T. Economic losses due to bovine brucellosis in Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 759-764, June 2013. DOI [10.1590/S0100-736X2013000600012](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000600012).

THIAGO, L. R. L. de S.; COSTA, F. P. **Terminação de bovinos na entressafra**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1983. 9 p. (EMBRAPA-CNPGC. Comunicado técnico, 22).

Capítulo 9

## Avanço tecnológico e sustentável das cadeias de frangos de corte e de suínos

Dirceu João Duarte Talamini  
Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza

Foto: Lucas Scherer



Os contínuos avanços tecnológicos introduzidos pelas cadeias produtivas de frangos de corte e suínos nas últimas décadas evitaram a demanda por adicionais 2,55 milhões de hectares para a produção de milho e soja no Brasil. Essa área é equivalente aos territórios do Chipre e do estado norte-americano de Connecticut somados. Também significa 4,6% dos 55,4 milhões de hectares que o milho e a soja ocupam na safra 2020/2021 no Brasil (Conab, 2021). A estimativa de área poupada pela avicultura de corte e suinocultura tem por base os ganhos de conversão alimentar conquistados ao longo do tempo.

## Contextualização

As cadeias produtivas de frangos de corte e de suínos têm sido expoentes das grandes transformações que levaram o Brasil a uma posição de destaque no mundo como produtor de alimentos (Chaddad, 2016). Além de contribuírem de maneira significativa para a melhoria da qualidade de vida no País pela disponibilização de proteína animal de qualidade e com preço acessível, as duas cadeias contribuíram para questões de interesse como a da preservação do solo (ABPA..., 2020; Embrapa Suínos e Aves, 2021). Em 2020, o Brasil posicionou-se como o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, com 14,2 milhões de toneladas, e como o maior exportador mundial, com 4,2 milhões de toneladas. Na carne de suínos, o País ocupa a quarta posição como produtor e como exportador, com

4,2 milhões e 1,01 milhão de toneladas, respectivamente (Brasil, 2021).

Com a geração de 4,2 milhões de empregos diretos e indiretos, os efeitos sociais das cadeias produtivas de suínos e frangos de corte são notáveis (ABPA..., 2020). Com os sistemas integrados e independentes de produção, as atividades envolvem mais de 100 mil famílias na produção primária (Guimarães et al., 2017). São inúmeros pequenos municípios no País cuja atividade econômica depende do pleno funcionamento de plantas frigoríficas instaladas em cada região (Mapeamento..., 2016).

Os benefícios sociais da avicultura e da suinocultura não se limitam aos empregos e a renda gerados nos municípios onde ocorrem a produção primária e a agroindustrialização (Santos Filho, 2012; Santos Filho et al., 2015). Ambas são motrizes de desenvolvimento para regiões inteiras ou estados, impactando nos setores de serviços, transporte e comércio. Além disso, o clima favorável, os investimentos em fontes energéticas renováveis e a qualidade das instalações produtivas permitem ao Brasil produzir carne de frango com nível de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 45% inferior ao frango produzido no Reino Unido e 50% menor que o produzido pela avicultura francesa (United Kingdom, 2021). Ademais, quase toda a produção de carne de aves e suínos é feita fora do bioma Amazônico – as regiões Sul e Sudeste respondem por mais de 80% da produção (Produção..., 2014).

## Progresso tecnológico contínuo da avicultura e da suinocultura e a economia no uso de áreas de cultivo de milho e soja

O contínuo investimento em desenvolvimento tecnológico é um dos pilares que explicam por que a avicultura de corte e a suinocultura brasileiras se posicionaram entre as melhores do mundo (Souza et al., 2011). A partir dos anos 1970, empresas, produtores, instituições de pesquisa como a Embrapa e órgãos de governo trabalharam em sinergia para desenvolver soluções locais ou adaptar novidades desenvolvidas em outras partes do mundo para a realidade local (Talamini et al., 2014). O resultado desse esforço conjunto é que o Brasil apresenta uma das produções de frangos e de suínos mais eficientes do mundo (Mapeamento..., 2016).

Um dos indicadores que melhor expressam o desenvolvimento tecnológico das duas atividades é a conversão alimentar (Fischer et al., 2019). De forma resumida, conversão alimentar é a quantidade de ração que um animal precisa consumir para cada quilo de peso que ele ganha. A conversão alimentar é reveladora porque ela, à medida que avança, reflete ganhos tecnológicos alcançados em diferentes áreas. Ou seja, a conversão é o resultado direto dos progressos obtidos ao longo dos anos em vários segmentos, como o melhoramento genético, nutrição, sanidade animal, manejo e ambiência.



Foto: Lucas Scherer

A conversão alimentar também é a chave para entender como a avicultura e a suinocultura se relacionam com o uso do solo. Os frangos e os suínos consomem grandes quantidades de milho e de farelo de soja em suas dietas, absorvendo grande parte da produção brasileira desses cereais. Isso significa que quanto melhor for a relação entre ração consumida e o ganho de peso dos animais, menor será a pressão que essas atividades exercem na expansão das áreas para a produção de milho e soja.

## Cerca de 1,55 milhão de hectares poupados na avicultura de corte

A Tabela 1 compara a conversão alimentar média alcançada pela produção comercial de frango de corte brasileira nos anos de 1975 e 2020. Em 1975 o frango precisava de 2,1 kg de ração para ganhar um quilo de peso vivo. Em 2020, esse mesmo quilo de peso foi obtido com 1,7 kg de ração. Considerando a produtividade atual do milho e soja no País, caso o desenvolvimento tecnológico não tivesse dotado os frangos de maior capacidade de conversão de ração em ganho de peso, a avicultura de corte demandaria um adicional

de 1.551.056,40 ha de terra para entregar as mesmas 16,4 milhões de toneladas de peso vivo de frango produzidas em 2020. Essa área é equivalente à incorporação no plantio de três vezes o tamanho do Distrito Federal, caso a avicultura de corte não tivesse alcançado o nível tecnológico atual.

## Economia de mais de um milhão de hectares na suinocultura

A Tabela 2 compara a conversão alimentar média da suinocultura comercial brasileira dos anos de 1975 e 2020. Em 1975, o suíno consumia em média 3,5 kg de ração para ganhar um quilo de peso vivo,

**Tabela 1.** Estimativa da economia na área de cultivo de milho e soja devido à melhoria da conversão alimentar na avicultura de corte.

Item	1975	2020
Produção frangos peso vivo (1.000 t)	679,8	16.452,1
Participação produção mundial (%)	2,7	14,1
Exportação peso vivo (1.000 t)	4,2	4.843,1
Participação exportação mundial (%)	0,5	35
Conversão alimentar (kg)	2,1	1,7
Peso final frango (kg)	1,75	2,7
Ração consumida (1.000 t)	1.427,5	27.979,1
Economia de ração (1.000 t)		6.581,2
Consumo de milho (1.000 t)	999,2	19.579,1
Economia de milho (1.000 t)		4.606,8
Produtividade 2019/2020 (kg ha <sup>-1</sup> )		5.529
<b>Milho: hectares poupados</b>		<b>833.212,8</b>
Consumo de soja (1.000 t)	535,3	10.488,8
Economia de soja (1.000 t)		2.467,9
Produtividade 2019/2020 (kg ha <sup>-1</sup> )		3.438
<b>Soja: hectares poupados</b>		<b>717.843,6</b>

Fonte: Patrício (2011), Brasil (2021), Conab (2021) e FAO (2021).



**Tabela 2.** Estimava da economia na área de cultivo de milho e soja devido à melhoria da conversão alimentar na suinocultura.

Item	1975	2020
Produção suínos peso vivo (1.000 t)	972,8	5.373,8
Participação produção mundial (%)	2,7	4,1
Exportação peso vivo (1.000 t)	50	1.021,0
Participação exportação mundial (%)	0,5	11,1
Conversão alimentar (kg)	3,5	2,6
Peso final suíno (kg)	100	120
Ração consumida (1.000 t)	3.404,8	13.971,9
Economia de ração (1.000 t)		4.836,4
Consumo de milho (1.000 t)	2.553,6	10.478,9
Economia de milho (1.000 t)		3.627,3
Produtividade 2019/2020 (kg ha <sup>-1</sup> )		5.529
<b>Milho: hectares poupados</b>		<b>656.055,6</b>
Consumo de soja (1.000 t)	851,2	3.493,0
Economia de soja (1.000 t)		1.209,1
Produtividade 2019/2020 (kg ha <sup>-1</sup> )		3.438
<b>Soja: hectares poupados</b>		<b>351.690,1</b>

Fonte: Barbosa et al. (1988), Brasil (2021), Conab (2021) e FAO (2021).



enquanto, em 2020, esse consumo foi de 2,6 kg de ração. Considerando a produtividade atual do milho e da soja no Brasil, caso a tecnologia não dotasse os suínos de maior capacidade de transformar ração em peso vivo, a atividade demandaria

um adicional de 1.007.745,70 ha de terra para produzir as 5,3 milhões de toneladas de suínos em 2020. Isso significa uma economia de cultivo de área correspondente a duas vezes o tamanho do Distrito Federal.



## Referências

ABPA annual report 2020. São Paulo: Associação Brasileira de Proteína Animal, 2020. 160 p.

BARBOSA, H. P.; LIMA, G. J. M. M. de; FERREIRA, A. S. **Estimativa da quantidade de ração necessária para produção de um suíno com 100 kg de peso vivo**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1988. 3 p. (EMBRAPA-CNPISA. Comunicado técnico, 133).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sumários executivos de produtos agrícolas**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/sumarios-executivos-de-produtos-agricolas>. Acesso em: 17 fev. 2021.

CHADDAD, F. **The economics and Organization of Brazilian Agriculture**: recent evolution and productivity gains. [S.l.]: Academic Press, 2016. 178 p.

CONAB. **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 17 fev. 2021.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Central de Inteligência de Aves e Suínos. **Statistics**: production performance. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 16 fev. 2021.

FAO. **Faostat**: livestock primary. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>. Acesso em: 15 fev. 2021.

FISCHER, A.; BARROS, E. C.; MACHADO, I. P.; MIELE, M.; PINHEIRO, R. W.; MEDEIROS, S. A. F. de; GUTH, T. L. F. **Novos caminhos na suinocultura**: uma visão ampla dos desafios e oportunidades da gestão nas granjas. Brasília, DF: Sebrae: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, 2019. 58 p.

GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. F.; MAIA, G. B. da S.; LEMOS, M. L. F.; ITO, M.; CUSTODIO, S. **Suinocultura**: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. Brasília, DF: BNDES, 2017. 136 p.

MAPEAMENTO da suinocultura brasileira. Brasília, DF: Sebrae: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, 2016. 376 p.

PATRÍCIO, I. S. **Desempenho zootécnico do frango brasileiro entre 1990 e 2009**: ênfase no ganho de peso e na conversão alimentar. 2011. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em MBA em Avicultura) – Sociedade Paranaense de Ensino e Informática, Curitiba.

PRODUÇÃO de suínos: teoria e prática. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. 908 p.

SANTOS FILHO, J. I. dos; COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; CARON, L.; TALAMINI, D. J. D. Avicultura e suinocultura como fontes de desenvolvimento dos municípios brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA E SUINOCULTURA/SIAVS, 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABPA, 2015. p. 427-430.

SANTOS FILHO, J. I. dos. A sustentabilidade econômica e social da produção de frangos e suínos em Santa Catarina e no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL, 2., 2012, Chapecó. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. p. 94-105.

SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (ed.). **Sonho, desafio e tecnologia**: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 470 p.

TALAMINI, D. J. D.; PINHEIRO, A. C. A.; SANTOS FILHO, J. I. dos. **A contribuição da Embrapa na geração de novas tecnologias para suinocultura e avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 24 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 171).

UNITED KINGDOM. **Department for Environment, Food and Rural Affairs**. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>. Acesso em: 16 fev. 2021.



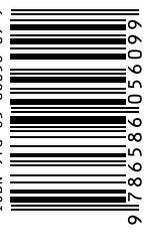


MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

ISBN 978-65-86056-09-9



9 786586 056099

CGPE 016771