

DINÂMICA AGRÍCOLA NO CERRADO

Análises e projeções

Édson Luis Bolfe
Edson Eyji Sano
Silvia Kanadani Campos

Editores Técnicos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas
Embrapa Cerrados
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*

DINÂMICA AGRÍCOLA NO CERRADO

Análises e Projeções

Volume 1

Édson Luis Bolfe
Edson Eyji Sano
Silvia Kanadani Campos

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2020

Embrapa

Parque Estação Biológica (PqEB) Av. W3 Norte
(Final) EP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4433
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Responsável pelo conteúdo

Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas
Embrapa Cerrados
Embrapa Informática Agropecuária

Comitê de Publicações - Sede da Embrapa

Presidente

Angélica de Paula Galvão Gomes

Secretária-executiva

Jeane de Oliveira Dantas

Membros

Alberto Roseiro Cavalcanti

Alfredo Eric Romminger

Cristiane Pereira de Assis

Edemar Joaquim Corazza

Ivan Sergio Freire de Sousa

Maria Consolacion Fernandes Villafane Udry

Marcela Bravo Esteves

Mirian Oliveira de Sousa

Wyviane Carlos Lima Vidal

Responsável pela edição

Embrapa, Secretaria-Geral

Coordenação editorial

Alexandre de Oliveira Barcellos

Heloiza Dias da Silva

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Cristiane Pereira de Assis

Revisão de texto

Everaldo Correia da Silva Filho

Normalização bibliográfica

Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico, diagramação e capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição

Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Secretaria-Geral da Embrapa

Dinâmica agrícola no cerrado : análises e projeções / Édson Luis Bolfe, Edson Eyji Sano, Sílvia Kanadani Campos, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2020.

ISBN 978-85-7035-951-3 v. 1.

1. Planalto central. 2. Dinâmicas agropecuárias. 3. Políticas públicas. 4. Mudanças climáticas. 5. Diversificação e sustentabilidade. I. Bolfe, Édson Luis. II. Sano, Edson Eyji. III. Campos, Sílvia Kanadani. IV. Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. V. Embrapa Cerrados. VI. Embrapa Informática Agropecuária. VII. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. VIII. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

CDD 630.9155

Márcia Maria Pereira de Souza (CRB 1/1441)

© Embrapa, 2020

Autores

Adalberto Araújo Aragão

Físico, analista da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Antônio Felipe Couto Júnior

Engenheiro florestal, doutor em Geociências Aplicadas, professor da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF

Carlos Augusto Mattos Santana

Economista, doutor em Economia Agrícola, pesquisador da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Daniel de Castro Victoria

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Daniel Pereira Guimarães

Engenheiro florestal, doutor em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Eder de Souza Martins

Geólogo, doutor em Geologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Édson Luis Bolfe

Engenheiro florestal, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária e professor associado da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) Campinas, SP

Edson Eyji Sano

Geólogo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eduardo Delgado Assad

Engenheiro agrícola, doutor em Agroclimatologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Elena Charlotte Landau

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Eliane Gonçalves Gomes

Engenheira química, doutora em Engenharia de Produção, pesquisadora da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Agrícola, assessor do presidente da Embrapa, Brasília, DF

Elísio Contini

Filósofo, doutor em Planejamento Regional, pesquisador da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Elmar Wagner

Engenheiro-agrônomo, mestre em Hidrologia, presidente da Agência Brasil-África para o Desenvolvimento Econômico e Social (Abades) e presidente do Consórcio Brasil-África para o Desenvolvimento Econômico e Social, Brasília, DF

Geraldo Bueno Martha Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Geraldo da Silva e Souza

Matemático e economista, doutor em Estatística, pesquisador da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Giovana Maranhão Bettiol

Geógrafa, especialista em Geoprocessamento, analista de Geoprocessamento da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Ieda Del'Arco Sanches

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências da Terra, pesquisadora da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São José dos Campos, SP

José Garcia Gasques

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia, técnico do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Brasília, DF

Marina de Fátima Vilela

Engenheira florestal, doutora em Ciência Florestal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marília Ribeiro Zanetti

Engenheira ambiental e sanitária, especialista em Sistemas de Gestão da Qualidade, bolsista DTI-B, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Pedro Abel

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Renner Marra

Economista, analista da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Ricardo Guimarães Andrade

Engenheiro agrícola, doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Santiago Vianna Cuadra

Meteorologista, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado/ Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Silvia Kanadani Campos

Médica-veterinária, doutora em Ciências (Economia Aplicada), pesquisadora da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) – Embrapa, Brasília, DF

Vanessa Silva Pugliero

Engenheira ambiental, especialista em Geoprocessamento, bolsista DTI-B da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Vinícius Vasconcelos

Geógrafo, doutor em Geografia, pesquisador-colaborador do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF

Zaré Augusto Brum Soares

Engenheiro-agrônomo, mestre em Desenvolvimento e Agricultura, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Apresentação

O aumento da demanda nacional e internacional por alimentos tem impulsionado a agricultura brasileira. Crescimento populacional, maior renda, aumento da urbanização e da expectativa de vida são alguns dos principais fatores que impulsionam essa demanda. Por sua vez, é crescente a preocupação dos consumidores e das organizações públicas e privadas com a sustentabilidade na produção de alimentos.

O Brasil tem enfrentado esses desafios e tem contribuído significativamente para a maior produção de alimentos de forma mais sustentável, por meio do aumento das taxas de produtividade e sistemas mais diversificados, como a integração lavoura-pecuária-floresta. Nas últimas quatro décadas, a produção nacional aumentou em cerca de 500% e a área plantada em apenas 70%. Assim, além de grande potência agrícola, o País também se destaca ambientalmente, mantendo 65% de sua área com vegetação nativa. As pesquisas, inovações, políticas públicas, condições edafoclimáticas e o empreendedorismo dos agricultores foram fundamentais para o País alcançar esse patamar, e seu fortalecimento é imprescindível para elevar ainda mais a sustentabilidade produtiva.

O Cerrado possui importância estratégica para essa segurança alimentar e manutenção da biodiversidade em razão de suas características econômicas, sociais e ambientais, pois abrange 24% do País, cobrindo totalmente, ou parcialmente, 1.389 municípios em 12 estados e o Distrito Federal. É considerada a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. As culturas agrícolas anuais do Cerrado correspondem a 40% da produção total nacional, e possui ainda participação relevante na produção de bovinos, suínos e aves.

O presente livro é parte resultante do projeto de pesquisa e inovação intitulado Dinâmica Agrícola no Cerrado, coordenado pela Embrapa e com a colaboração do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

A obra apresenta análises e projeções envolvendo aspectos edafoclimáticos, vegetacionais, políticas públicas, pesquisas, inovações, assistência técnica, dinâmicas agrícolas, produtividade, mudança do clima, projeções e potencialidades para a expansão e diversificação agrícola. Dessa forma, objetiva-se apoiar a sociedade em geral e os tomadores de decisão (públicos e privados) sobre os processos de transição, expansão, retração, diversificação, conversão e intensificação que moldam o atual mosaico de usos da terra e podem influenciar positivamente no desenvolvimento agrícola sustentável do Cerrado.

Celso Luiz Moretti
Presidente da Embrapa

Prefácio

O Cerrado apresenta condições biofísicas bastante heterogêneas e que, associadas a fatores históricos sociais, econômicos e tecnológicos, caracterizam a região como tendo uma elevada pluralidade em seu uso e ocupação. O bioma ocupa aproximadamente 24% do território nacional (204 milhões de hectares) e é considerado como a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade (fauna e flora). A região ainda possui nascentes de oito das doze bacias hidrográficas mais importantes do Brasil¹.

Além disso, é uma das regiões em que a agricultura brasileira mais se desenvolveu nas últimas décadas. A produção proveniente das culturas agrícolas anuais do Cerrado corresponde a 40% da produção total nacional. Os rebanhos de bovinos, suínos e aves também apresentaram expansão nas últimas quatro décadas, embora não tenham ampliado significativamente a parcela no total do País.

Essas características fazem com que haja crescente preocupação com a preservação e o uso sustentável dos recursos naturais nesse bioma de forma a garantir também o desenvolvimento sustentável da agricultura na região.

A presente obra apresenta uma análise sobre aspectos edafoclimáticos, vegetacionais, políticas públicas, pesquisas, inovações, assistência técnica, dinâmicas agrícolas, produtividade, mudança do clima, projeções e potencialidades para a expansão e diversificação agrícola do Cerrado. As análises consideraram, sempre que possível, o período correspondente às quatro décadas passadas até projeções 20 anos à frente. É resultado de pesquisa coordenada pela Embrapa, com a colaboração do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), intitulada Dinâmica agrícola no Cerrado. O objetivo foi apresentar um retrospecto da região, com análise de desafios e oportunidades que possa embasar a tomada de decisão pública e privada, favorecendo assim o desenvolvimento agrícola sustentável.

No Capítulo 1, caracterizou-se em detalhes a paisagem do Cerrado. É indicada a existência de 19 ecorregiões, cada qual com suas características em termos de topografia, clima, solos, geologia e vegetação. Apontou-se que o bioma é heterogêneo, tanto no que se refere a suas características biofísicas (geomorfologia, solos, clima e vegetação) como em termos de ocupação agrícola. Aproximadamente 45% da vegetação natural do bioma Cerrado já foi convertida para diferentes tipos de usos antrópicos: 29,5% vinculados às pastagens cultivadas, 12% às culturas agrícolas anuais e perenes e 1,5% à silvicultura². Esses usos agrícolas foram intensificados nas últimas décadas para atender ao aumento nas demandas interna e externa de consumo de alimentos.

¹ Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>>.

² Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Cerrado/publicacoes/Livro%20EMBRAPA-WEB-1-Terra-Class%20Cerrado.pdf>>.

Assim, aspectos sobre o desenvolvimento rural ambientalmente sustentável têm sido alvo de estudos e análises por parte de instituições públicas, privadas e não governamentais. Historicamente, intervenções governamentais para acelerar o desenvolvimento do Cerrado ocorreram em diversas vertentes, particularmente por meio de criação de programas regionais e políticas agrícolas – abordadas nos Capítulos 3 e 4. Adicionalmente no Capítulo 4, foram apresentadas iniciativas relacionadas à transferência de tecnologia na região.

A análise do valor da produção realizada no Capítulo 2 ilustra parte da importância econômica da agricultura no Cerrado para o País. Aproximadamente 15% dos estabelecimentos agropecuários do Brasil localizam-se nesse bioma, que totaliza, entretanto, 32% da renda bruta agrícola do País³. A produção proveniente das culturas agrícolas anuais do Cerrado corresponde atualmente a 40% da produção total nacional. Os rebanhos de bovinos, suínos e aves também apresentaram expansão nas últimas quatro décadas. Embora tenha crescido em números absolutos, a parcela do rebanho bovino do Cerrado no total do Brasil vem apresentando retração, o que pode ser explicado pela ampliação desse setor no Norte do País. A expansão da avicultura e da suinocultura, por sua vez, seguiu a maior disponibilidade de insumos, como milho e farelo de soja na região.

Esse contexto favoreceu melhores índices de desenvolvimento regional. Em 1999, 99% dos municípios do Cerrado situavam-se nas faixas de baixo e muito baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Já em 2010, 82% dos municípios apresentaram níveis de alto a médio. Tal mudança na porcentagem de municípios reflete alguns dos avanços em renda, educação e longevidade da população, discutidos no Capítulo 5. São apresentadas ainda no mesmo capítulo análises detalhadas da dinâmica produtiva em termos espaciais por microrregiões, para o período 1975–2015. A agricultura da região registrou acentuada dinamicidade, com deslocamento de diversas culturas dentro da região e entre regiões.

O êxodo rural nas últimas quatro décadas, comum em outras regiões do País, não se constituiu um fenômeno geral no Cerrado. As microrregiões de Alto Teles Pires, MT, Parecis, RO, Barreiras, BA e Primavera do Leste, MT são exemplos que receberam contingentes adicionais de pessoas no meio rural e tiveram incrementos expressivos na população ocupada com atividades agropecuárias.

A concentração da renda rural bruta nos municípios do Cerrado foi analisada no Capítulo 6, por meio do índice de Gini, e mostrou-se relativamente elevada (em média, acima de 80%). No Cerrado, essa concentração ocorre principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. As maiores eficiências técnicas são encontradas na região Centro-Oeste, com relação positiva entre uso de tecnologia e concentração de renda. As imperfeições de mercado diferem regionalmente, em que os efeitos são mais intensos no Norte e no Nordeste.

O protagonismo do Cerrado no agronegócio nacional deve continuar aumentando nas próximas duas décadas em razão da sua vocação para produção competitiva e

³ Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>>.

em bases sustentáveis de grãos, oleaginosas, carnes e florestas. Fatores como demanda (aumento da renda per capita, população e urbanização) e oferta (maior disponibilidade tecnológica e avanço de projetos de infraestrutura e logística na região) justificam e reforçam esse argumento.

Instituições de pesquisa têm realizado importantes ações para desenvolver sistemas de produção agrícola mais sustentáveis para o Cerrado. O uso de práticas agrícolas mais modernas, como irrigação subterrânea e por gotejamento e plantio direto, são alguns dos fatores que impulsionam o desempenho da agricultura em diversos polos produtivos regionais, conforme destacado nos Capítulos 4, 7 e 8. Os sistemas de produção integrados irão desempenhar um papel fundamental para a futura expansão agrícola, pois esses sistemas aliam a verticalização da produção por meio de aumento de produtividade e baixo impacto ambiental decorrente, principalmente, do efeito poupa-terra, sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado foi avaliado no Capítulo 7. Um desses efeitos é a alteração nos valores médios de temperatura mínima, média e máxima e distribuição das chuvas, o que impacta o ciclo das culturas, pastagens e vegetação. Destacou-se que essas mudanças podem aumentar a variabilidade da produtividade agrícola, elevando o risco para a segurança alimentar do País e do mundo. Outro problema recorrente no bioma Cerrado tem sido a diminuição das áreas de preservação permanente (APPs) ao longo de cursos d'água. O passivo ambiental estimado nas APPs hídricas do Cerrado é de 4 milhões de hectares. A ausência de vegetação nativa nessas áreas ocasiona fragmentação da rede de drenagem, agravando ainda mais a disponibilidade de recursos hídricos por causa da diminuição nas taxas de infiltração de água da chuva, na recarga de lençóis freáticos, no aumento das taxas de evaporação e erosão dos solos e na perda da função hídrica das nascentes que secam.

Programas governamentais como a Agricultura de Baixo Carbono (ABC) têm sido criados para incentivar práticas e sistemas produtivos, como: recuperação de pastagens degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais; sistemas de plantio direto; fixação biológica de nitrogênio (FBN); silvicultura; e tratamentos de dejetos animais. Será necessário intensificar essas ações, especialmente na utilização de pastagens de baixa produtividade existentes no Cerrado para áreas agrícolas, via sistemas integrados de produção e elevação da oferta de grãos, proteína e fibras.

Nesse sentido, no Capítulo 8, são abordadas as potencialidades para expansão e diversificação agrícola do Cerrado. Atualmente existem de 20 milhões a 30 milhões de hectares de pastagens de baixa produtividade na região, que estão potencialmente aptas para conversão em agricultura. Essas áreas possuem características climáticas e topográficas semelhantes às áreas com agricultura anual de sequeiro existentes. Caso sejam convertidas, pode-se duplicar a área agrícola do Cerrado sem necessidade de expansão sobre áreas com vegetação remanescente de Cerrado.

Por fim, no Capítulo 9 são analisados aspectos da eficiência de produção dos municípios que compõem o bioma e feitas projeções de produção e área para diferentes

culturas (algodão, arroz, café em grão, cana-de-açúcar, carne bovina, feijão, leite, mandioca, milho, soja, sorgo e trigo). Das principais culturas analisadas, somente o arroz e a mandioca apresentaram tendência de redução de produção e de área para as próximas duas décadas. Enfatizou-se ainda que melhores níveis para a produtividade do Cerrado podem ser alcançados para todos os produtos estudados, tendo como base melhores práticas agrícolas já em curso em várias regiões produtoras.

Acrescenta-se a isso as oportunidades para diversificação produtiva animal e vegetal, como indicado pelo documento *Visão 2030: o futuro da Agricultura Brasileira da Embrapa*⁴. Piscicultura, cana-de-açúcar, fruticultura, hortaliças, trigo tropical e as pulses – subgrupo da família das leguminosas que engloba grãos secos, como feijão comum, feijão-caupi, ervilha, lentilhas e grão-de-bico – são exemplos de potencialidades para o Cerrado.

Em suma, a expansão da agricultura no Cerrado ao longo dos últimos anos foi o alicerce para o desenvolvimento econômico do Brasil. A região é a grande responsável pelo posicionamento do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de alimentos. Porém, são muitos os desafios para o fortalecimento de um desenvolvimento agrícola sustentável do Cerrado brasileiro. A seguir, alguns pontos levantados neste estudo:

- Intensificação de práticas agrícolas mais integradas, diversificadas, eficientes e sustentáveis nas áreas já convertidas em usos antrópicos, elevando a produtividade dos cultivos agrícolas e pastagens de forma a diminuir a pressão da expansão agrícola sobre novas áreas naturais.
- Fortalecimento de pesquisas e inovações públicas e privadas na identificação de vulnerabilidades e recursos genéticos para o desenvolvimento de sistemas de produção com menor exigência de recursos naturais (solo e água) e com baixa emissão de GEEs frente à necessidade de adaptação às mudanças do clima.
- Ampliação de programas públicos como o Programa ABC, que incentiva a adoção de sistemas de plantio direto, FBN, recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, sistemas agroflorestais, silvicultura e tratamento de dejetos animais.
- Elevação da produção de origem vegetal e animal com ganhos de produtividade e sem a necessidade de abertura de novas áreas agrícolas, atendendo a mercados consumidores mais exigentes em termos de responsabilidade ambiental e bem-estar animal.
- Promoção de ações público-privadas para a revegetação de APPs em locais prioritários dentro do bioma, visando diminuir a fragmentação das redes de drenagem e reestabelecer as condições ambientais para uma maior infiltração de águas das chuvas.

⁴ Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>.

- Fortalecimento da interação entre pesquisa agrícola, assistência técnica, extensão rural e produtores rurais na promoção de sistemas de produção que visem à maior equidade social e segurança alimentar.
- Promoção de capacitações de mão de obra especializada para atuar em sistemas de produção agrícola cada vez mais automatizados e tecnológicos, envolvendo a transformação digital na agricultura.
- Indução de políticas públicas que assegurem crédito (custeio, investimento e comercialização) e seguro rural em melhores condições aos produtores rurais que promovam práticas agrícolas mais sustentáveis.
- Promoção de políticas públicas que reduzem as imperfeições de mercado, considerando-se as especificidades socioeconômicas para obtenção de maior eficiência no processo produtivo em diferentes regiões.
- Conscientização sobre a necessidade de ações que permeiem maior reciclagem de resíduos e redução de perdas e desperdício em todos os elos das cadeias produtivas agrícolas com maior integração entre produtor rural e consumidor urbano.
- Respeito às legislações como Código Florestal e Cadastro Ambiental Rural com objetivo de fortalecer a segurança jurídica para a expansão e diversificação agrícola por meio da adequação ambiental das propriedades rurais.
- Promoção de ações de integração entre o rural e o industrial, associando o capital natural, capital humano e desenvolvimento tecnológico no processo de bioeconomia com foco no desenvolvimento de novos materiais, substâncias e produtos de maior valor agregado.
- Desenvolvimento de sistemas inovadores de gestão de riscos na agricultura, considerando-se as diferenças regionais e integrando riscos climáticos, ambientais, socioeconômicos, tecnológicos e de mercado a políticas e instrumentos públicos e privados.

Editores técnicos

Sumário

15 Introdução

21 Capítulo 1

Características gerais da paisagem do Cerrado

Edson Eyji Sano, Giovana Maranhão Bettiol, Eder de Souza Martins, Antônio Felipe Couto Júnior, Vinícius Vasconcelos, Édson Luis Bolfe e Daniel de Castro Victoria

39 Capítulo 2

Cerrado: pilar da agricultura brasileira

Carlos Augusto Mattos Santana, Silvia Kanadani Campos, Renner Marra e Adalberto Araújo Aragão

59 Capítulo 3

O papel das políticas públicas no Cerrado

Elísio Contini, Geraldo Bueno Martha Júnior, José Gasques e Pedro Abel Vieira Júnior

89 Capítulo 4

Pesquisa, transferência de tecnologia e desenvolvimento do Cerrado

Marina de Fátima Vilela, Zaré Augusto Brum Soares e Elmar Wagner

141 Capítulo 5

Dinâmicas agropecuárias e socioeconômicas no Cerrado, de 1975 a 2015

Carlos Augusto Mattos Santana, Geraldo da Silva e Souza, Silvia Kanadani Campos, Ieda Del'Arco Sanches, Eliane Gonçalves Gomes e Edson Eyji Sano

197 Capítulo 6

Determinantes da concentração da renda rural no Cerrado

Geraldo da Silva e Souza, Eliane Gonçalves Gomes e Eliseu Roberto de Andrade Alves

213

Capítulo 7

Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado

*Eduardo Delgado Assad, Daniel de Castro Victoria,
Santiago Vianna Cuadra, Vanessa Silva Pugliero e Marília Zanetti*

229

Capítulo 8

Potencialidades para expansão e
diversificação agrícola sustentável do Cerrado

*Daniel de Castro Victoria, Édson Luis Bolfe, Edson Eyji Sano, Eduardo Delgado Assad,
Ricardo Guimarães Andrade, Daniel Pereira Guimarães e Elena Charlotte Landau*

259

Capítulo 9

Agricultura da região de Cerrado:
eficiência econômica, produtividades e perspectivas

Geraldo da Silva e Souza, Eliane Gonçalves Gomes e Eliseu Roberto de Andrade Alves

Introdução

O desafio futuro do aumento da demanda global por alimentos envolve uma equação complexa em termos de aspectos sociais, econômicos, culturais, tecnológicos, ambientais e geopolíticos. Estima-se que em 2050 irão existir 9,8 bilhões de habitantes (World..., 2017), com crescente urbanização e com aumento da demanda de produção agrícola em mais de 50% (em relação a 2013) (FAO, 2017). O crescimento de países com rendas baixa e média deverá acelerar a transição dietética para um maior consumo de carnes, frutas e vegetais, em relação ao de cereais, exigindo mudanças proporcionais na produção e acrescentando pressão sobre os recursos naturais. A sociedade tem demonstrado preocupação cada vez maior com bem-estar animal, sustentabilidade ambiental, proteção à biodiversidade, rastreabilidade, equidade e comércio justo e valorização crescentemente dos alimentos gerados por meio de sistemas de produção especializados, a exemplo dos orgânicos, biodinâmicos e conservacionistas (Embrapa, 2018).

O Brasil tem contribuído para a solução dessa equação. Entre 1977 e 2017, a produção de grãos passou de 47 milhões de toneladas para 237 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de mais de 500% para um aumento de apenas 70% em área plantada (Conab, 2018). Esse crescimento exponencial foi fruto principalmente do aumento da produtividade de culturas agrícolas, como arroz, feijão, milho, soja e trigo, e da intensificação de uma para duas safras ao ano na mesma área. Mesmo com essa posição de destaque, segundo dados do MapBiomas (2017), o País possui 68% de sua cobertura com vegetação nativa (62% de formações florestais e 6% de formações não florestais), 29% de áreas com uso agropecuário e 3% com outros usos como áreas urbanas e corpos d'água.

Nesse contexto, a crescente demanda dos mercados interno e externo tem impulsionado a agricultura brasileira nas últimas décadas, tornando o País um líder mundial na produção e exportação de produtos agrícolas. Além disso, o agronegócio é um dos motores da economia nacional. Em 2018 com exportações no valor de US\$ 101 bilhões (Brasil, 2019), o setor continua sendo fundamental pelo superavit da balança comercial brasileira. É ainda responsável pela geração de 18 milhões de postos de trabalho (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2019) e renda.

Essa liderança é fundamentada em ciência, tecnologia, inovação, políticas públicas, condições edafoclimáticas e empreendedorismo dos agricultores. Em anos recentes, seus resultados contribuíram para a geração da renda nacional, representando aproximadamente 20% do produto interno brasileiro e 45% das exportações. Segundo as projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2018), a produção de grãos, que foi recorde em 2017 (com 237 milhões de toneladas) em uma área plantada de 61 milhões de hectares, deverá atingir o patamar de 300 milhões de toneladas em 10 anos. Na cadeia de carnes (bovina, suína e de aves),

projeta-se um incremento de 27% até 2028 (mais 7,2 milhões de toneladas). Os incrementos nas produções de celulose, leite, açúcar e frutas também merecem destaque.

Estudos internacionais e nacionais (FAO, 2017; Brasil, 2018) projetam que a expansão agrícola para produção de alimentos deverá ocorrer em áreas de grande potencial produtivo, como as de Cerrados no Brasil, tornando o País o principal fornecedor para responder à demanda global de alimentos. Aproximadamente 54,5% da área do Cerrado é ocupada com vegetação natural, 29,5% com pastagens plantadas, 11,7% com áreas agrícolas (culturas anuais e perenes) e 1,5% com silvicultura (Brasil, 2015). De fato, a região, que até a década de 1960 era considerada pouco apta ao desenvolvimento de atividades agrícolas, chegou ao patamar de principal produtora de alimentos do Brasil. Atualmente responde por aproximadamente 45% da área agrícola nacional, produzindo em torno de 35% do rebanho bovino, 52% da soja, 52% da cana-de-açúcar, 54% do milho e 96% do algodão (Conab, 2018; IBGE, 2018).

O Cerrado possui características únicas em relação aos aspectos físicos, bióticos, sociais e econômicos, sendo uma região de importância estratégica para os interesses do País no campo da segurança alimentar, agricultura ambientalmente sustentável e preservação da biodiversidade. O bioma possui um gradiente vegetacional entre árvores e arbustos, arbustos e subarbustos e subarbustos e estruturas herbáceas (Eiten, 1972) e abriga mais de 12.300 espécies de plantas (Sano et al., 2008). A ocupação humana do Cerrado é milenar e sua “colonização” é secular, porém, as atividades econômicas no meio rural se acentuaram a partir da década de 1970 quando o governo brasileiro instituiu um conjunto de ações para acelerar o desenvolvimento regional. Programas de financiamento para produção agrícola foram criados, como o Programa de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste (Polocentro), que contemplou a construção de estradas, escolas, silos, armazéns, pesquisa agropecuária, assistência técnica e extensão rural e os financiamentos para incorporação de novas áreas ao processo de produção e utilização de calcário e fosfato.

Entre 1985 e 2017, a vegetação nativa (floresta e formação campestre) do bioma Cerrado passou de 136 milhões para 112 milhões de hectares, enquanto a área ocupada com agricultura e pastagens passou de 65 milhões para 85 milhões de hectares, e outros usos de 2 milhões para 5 milhões de hectares (MapBiomias, 2017). Contudo, mesmo com as profundas transformações da agricultura – em termos econômicos, sociais e ambientais – o Cerrado possui 55% de sua cobertura vegetal nativa, o que indica uma produção agrícola intensiva, baseada no emprego de tecnologias. Contudo, Faleiro e Farias Neto (2008) destacaram que pesquisas envolvendo o Cerrado são essenciais para subsidiar o equilíbrio entre sociedade, agricultura e recursos naturais. Temas como caracterização, conservação e uso da biodiversidade; uso e conservação do solo e da água; produção agropecuária e florestal; impactos dos sistemas de produção e estratégias de mitigação; commodities agrícolas e valoração socioambiental; biotecnologia, transgênicos e biossegurança; agroenergia; sistemas alternativos e diversificados para produção; agricultura familiar; agricultura de precisão, zoneamento agroambiental e modelagem; e políticas públicas e perspectiva mundial para as savanas são de grande relevância para o desenvolvimento da região. A Aliança

pelo Clima e Uso da Terra (CEA Consulting, 2016) destacou que a melhoria da sustentabilidade e produtividade de terras agrícolas e pastagens existentes no Cerrado passa pelo estímulo da intensificação sustentável de pastos, incorporação de práticas agrícolas de baixo carbono, expansão e adoção de outras práticas sustentáveis, bem como apoio aos produtos da agricultura tradicional.

A Embrapa e outros institutos de pesquisa e universidades têm envidado esforços para disponibilizar conhecimentos, informações e tecnologias aos agricultores, às empresas e para políticas públicas municipais, estaduais e federais, visando à sustentabilidade econômica, ambiental e social dos sistemas de produção agrícola do Cerrado. Inúmeras são as ações desenvolvidas, destacando-se as relacionadas à caracterização físico-biótica, socioeconômica, cultural e agrícola. Novos sistemas de produção e inovações estão sendo pesquisados e desenvolvidos para esse bioma, especialmente aqueles sistemas que integram componentes agrícolas (soja e milho), pecuários (bovinos) e/ou florestais.

O bioma Cerrado totaliza 2.039.243 km² (aproximadamente 24% da área territorial do Brasil) e cobre, total ou parcialmente, 1.389 municípios de 11 estados (Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso, Piauí, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia), além do Distrito Federal (IBGE, 2004).

O presente livro, parte resultante do projeto de pesquisa e inovação intitulado Dinâmica Agrícola no Cerrado – coordenado pela Embrapa e com a colaboração do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) –, objetiva organizar, analisar, projetar e disponibilizar informações, dados e análises agrícolas das últimas décadas. Utilizaram-se séries históricas de dados censitários e análises de sensoriamento remoto disponibilizadas pelas seguintes organizações: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Embrapa, Inpe e Ipea, dentre outras.

Dentre as questões abordadas para a melhor compreensão da dinâmica agrícola no Cerrado, podem-se destacar: como é a conformação e distribuição das regiões baseadas em aspectos edafoclimáticos e vegetacionais? Qual a importância desse bioma na produção agrícola nacional? Quais políticas públicas foram determinantes na ocupação da região? De que forma se deu o processo de pesquisa, inovações e assistência técnica agrícola? Quais as microrregiões mais dinâmicas em termos agrícolas? Quais os fatores determinantes da concentração da renda rural no Cerrado? Quais as potencialidades para a expansão e diversificação agrícola sustentável? É possível alcançar maiores níveis de produtividade média na região? Quais os possíveis impactos da mudança do clima para a agricultura do Cerrado?

Com isso, almeja-se prover a sociedade em geral e os tomadores de decisão (públicos e privados) com novas informações sobre os processos de transição, expansão, retração, diversificação, conversão e intensificação agrícolas que moldam o atual mosaico de usos da terra do bioma em questão. Isso porque os desafios associados à crescente demanda brasileira e mundial por alimentos, à necessidade de maior inserção produtiva das populações rurais, à manutenção dos recursos naturais em qualidade para futuras gerações e à consolidação do País na fronteira do conhecimento em pesquisas e inovações agrícolas são gradativamente maiores e mais complexos. A expressão geográfica das análises realizadas fortalece as atividades de planejamento estratégico nesses desafios com foco no desenvolvimento agrícola sustentável do Cerrado.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportações do agro em alta de quase 6% ultrapassam US\$ 100 bilhões**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/exportacoes-do-agro-em-alta-de-quase-6-ultrapassam-us-100-bi>>. Acesso em 10 out 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/2018 - 2027/2028** projeções de longo prazo. Brasília, DF, 2018. 112 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/banner_site-03-03-1.png/view>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra – TerraclasCerrado**. 2015. 67 p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado>>. Acesso em: 12 out. 2018.
- CEA CONSULTING. **Desafios e oportunidades para conservação, produção agrícola e inclusão social no bioma do Cerrado**. 2016. Disponível em: <http://www.climateandlandusealliance.org/wp-content/uploads/2016/09/Cerrado_ES_pt.pdf>. Acesso em: 19 de nov. 2018.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA AGRÍCOLA - CEPEA. **Mercado de trabalho do agronegócio**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/mercado-de-trabalho-do-agronegocio.aspx>> Acesso em: 17 jul. 2019.
- CONAB (Brasil). **Safras Grãos**: série histórica. 2018. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4353829>>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 14 nov.2018
- FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2008. 1198 p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/570974>>. Acesso em: 5 ago. 2018.
- FAO. **The future of food and agriculture trends and challenges**: food and agriculture. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. **Produção agrícola e pecuária municipal**: censo agropecuário, produção e extração vegetal da silvicultura. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>>. Acesso em: 12 out. 2018.

MAPBIOMAS. **Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>> Acesso em: 5 nov. 2018.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planltinga, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

WORLD population prospects: the 2017 revision: key findings and advance tables. New York: United Nations, 2017. (ESA. P/WP, 248). Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2019.

Capítulo 1

Características gerais da paisagem do Cerrado

Edson Eyji Sano

Giovana Maranhão Bettiol

Eder de Souza Martins

Antônio Felipe Couto Júnior

Vinícius Vasconcelos

Édson Luis Bolfe

Daniel de Castro Victoria

Introdução

O limite e a área total do bioma Cerrado têm passado por alterações ao longo dos anos. O primeiro limite foi proposto na década de 1980, em uma escala de aproximadamente 1:5.000.000, com base nos mapas de vegetação do Projeto RadamBrasil¹ (Adámoli et al., 1985). Com o advento de aplicativos de sistema de informações geográficas (SIG) no início da década de 1990, esse mapa foi digitalizado no Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa Cerrados por meio do software Sistema Geográfico de Informações (SGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A área estimada pela função de cálculo de áreas do referido programa foi de 207,4 milhões de hectares. Esse limite foi utilizado em estudos de análise da frequência e probabilidade de ocorrência de veranicos no Cerrado (Assad et al., 1993) e do potencial do Cerrado para produção de alimentos (Macedo, 1995).

Em 2004, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) lançou o mapa dos biomas continentais do Brasil na escala de 1:5.000.000 (IBGE, 2004). A área estimada para o Cerrado foi de 203,6 milhões de hectares. No entanto, a estimativa obtida pela função de cálculo de áreas disponível no programa ArcView 3.2 resultou em uma área de 204,7 milhões de hectares, valor considerado no mapeamento de uso e cobertura de terras do Cerrado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) (Sano et al., 2010).

¹ Mapa não publicado, mas disponibilizado para Embrapa Cerrados em formato analógico, em tamanho A3 e em coordenadas geográficas, sem especificação da projeção cartográfica e nem do referencial geodésico. A área estimada a partir desse mapa analógico (calculado com planímetro mecânico) foi de 203,7 milhões de hectares.

Mais recentemente, o mesmo arquivo vetorial do IBGE foi utilizado para atualizar o mapa de uso e cobertura de terras do Cerrado de 2013 no âmbito do Projeto TerraClass Cerrado (Brasil, 2015). Nesse estudo, a área total do Cerrado considerada foi de 203,9 milhões de hectares. Essa última área foi obtida conforme a metodologia de cálculo de áreas do IBGE (2017), que propôs o uso de projeção cônica equivalente de Albers e *datum* SIRGAS2000, com latitude de origem de -12° e longitude de origem de -54° . Leitores devem atentar para o lançamento de uma atualização, por parte do IBGE, do mapa de biomas brasileiros em uma escala mais refinada, passando de 1:5.000.000 para 1:250.000. Quando esse produto for lançado, possivelmente a área do Cerrado será novamente alterada.

Uso da terra

O mapeamento mais recente e mais detalhado do uso da terra do Cerrado é o produzido pelo projeto Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra do Cerrado (TerraClass Cerrado 2013)² (Brasil, 2015). Os dados básicos desse projeto foram 121 imagens do satélite Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) de 2013 necessárias para cobrir o referido bioma. A área mínima de mapeamento foi de 6,25 ha, consistente com a área mínima adotada pelo projeto TerraClass Amazônia (Almeida et al., 2016). As seguintes classes temáticas foram mapeadas: floresta, não floresta e natural não vegetado (cobertura natural); agricultura anual, agricultura perene, área urbana, mineração, mosaico de ocupação, pastagem plantada, silvicultura e solo exposto (cobertura antrópica); além de corpos d'água e não identificado (queimadas e nuvens/sombra).

Na Tabela 1, são mostradas as chaves de interpretação e exemplos de recortes de composições coloridas RGB/564 (predominantemente da estação seca, de maio a outubro) das classes temáticas mais representativas mapeadas pelo projeto TerraClass Cerrado 2013. Nessa composição colorida, as formações florestais aparecem com coloração avermelhada, enquanto as formações campestres (não florestais) aparecem com coloração esverdeada. Agricultura anual (principalmente soja, milho e algodão) é identificada nas imagens pelo padrão predominantemente esbranquiçado ou rosa, com formas geométricas bem definidas. Silvicultura, com níveis altos de biomassa e topo do dossel uniforme, raramente é confundida com outros alvos por causa do seu padrão vermelho brilhante e textura lisa. Áreas urbanas apresentam coloração azulada e padrão geométrico bastante regular.

Embora os recortes de imagens apresentem, em princípio, padrões tonais e texturais bastante distintos, nem sempre o mapeamento das classes temáticas representativas do Cerrado é imediato. A separação de pastagens cultivadas das formações


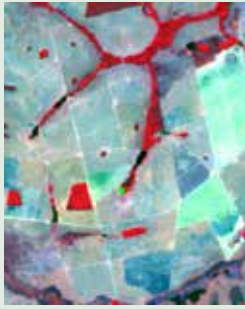
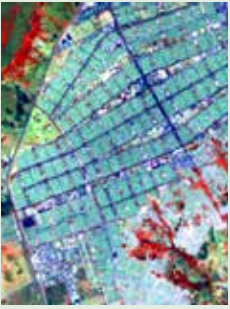

² Esse projeto foi coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e contou com equipe técnica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Tabela 1. Chave de interpretação de composições coloridas RGB/564 das classes com maiores expressões em área utilizada pelo projeto TerraClass Cerrado (Brasil, 2015) para produzir o mapa de uso e cobertura da terra do bioma Cerrado.

Classe temática	Chave de interpretação	Recorte de imagem Landsat-8 OLI
Formação florestal	<p>Cor: vermelho-escuro Textura: rugosa Contexto: padrão irregular, com presença de sombras no topo do dossel, responsável pela textura rugosa nas imagens Local: Novo São Joaquim, MT Data da imagem: 25/7/2013</p>	
Formação não florestal	<p>Cor: verde Textura: lisa Contexto: padrão irregular, à medida que a densidade de arbustos e árvores vai aumentando, a cor vai se alterando para vermelha Local: Mineiros, GO Data da imagem: 3/8/2013</p>	
Agricultura anual	<p>Cor: verde-clara, rosa, branca (palhada seca), magenta (com irrigação) Textura: lisa Contexto: padrão regular, possibilidade de identificação de talhões Local: Luís Eduardo Magalhães, BA Data da imagem: 23/8/2013</p>	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Classe temática	Chave de interpretação	Recorte de imagem Landsat-8 OLI
Agricultura perene	<p>Cor: vermelho-alaranjada Textura: lisa a intermediária Contexto: padrão regular, possibilidade de identificação de talhões esbranquiçados (áreas colhidas) Local: Ribeirão Preto/Sertãozinho, SP Data da imagem: 7/8/2013</p>	
Pastagem cultivada	<p>Cor: rosa-claro Textura: lisa a intermediária Contexto: presença de rebrotas de vegetação de Cerrado, solo exposto e cupinzeiros tornam a textura mais rugosa nas imagens Local: São Miguel do Araguaia, GO Data da imagem: 28/8/2013</p>	
Área urbana	<p>Cor: azul-esbranquiçada Textura: rugosa Contexto: padrão regular de vias de acesso e quadras Local: Brasília, DF Data da imagem: 29/7/2013</p>	
Silvicultura	<p>Cor: vermelho brilhante Textura: lisa Contexto: padrão regular, comum estarem associadas com áreas esbranquiçadas, correspondentes a áreas de colheita de madeira Local: Três Lagoas, MS Data da imagem: 27/7/2013</p>	

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

campestres, classificadas como formações não florestais, foi um dos principais desafios desse mapeamento. A discriminação foi feita com base principalmente na forma geométrica, mais regular para pastagens cultivadas, e nos dados auxiliares do Censo Agropecuário do IBGE. A separação entre agricultura anual e agricultura perene foi outro desafio enfrentado. Nesse caso, foi feita uma análise concomitante de séries temporais de índice de vegetação do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis), as quais foram visualizadas por meio da ferramenta web denominada de Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SatVeg), desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária.

A área antropizada do Cerrado, isto é, coberta com culturas agrícolas, pastagens cultivadas, silvicultura, áreas urbanas, áreas de mineração, mosaico de ocupações e solo exposto, correspondeu a 43,6% do bioma (Tabela 2) (Scaramuzza et al., 2017). Pastagens plantadas, com cerca de 60 milhões de hectares, é a classe de uso da terra mais expressiva no bioma. As principais culturas agrícolas encontradas no Cerrado foram: a) culturas anuais de sequeiro, isto é, os extensos plantios de soja, milho e algodão encontrados predominantemente em terrenos planos (platôs ou chapadões) e em solos profundos, ácidos, com baixa fertilidade e elevada concentração de sílica e alumínio; b) culturas perenes, notadamente os plantios de café irrigado e de *Citrus*;

Tabela 2. Cálculo de área ocupada por classes de uso e cobertura da terra do Cerrado para o ano de 2013.

Macroclasse	Classe	Área (ha)	(%) no bioma
Antrópico	Agricultura anual	17.417.900	8,54
	Agricultura perene	6.423.700	3,15
	Mineração	28.000	0,01
	Mosaico de ocupação	234.400	0,11
	Pastagem plantada	60.084.000	29,46
	Silvicultura	3.060.700	1,50
	Solo exposto	360.900	0,18
	Área urbana	885.200	0,43
	Outras	7.300	0,00
	Subtotal	88.502.100	43,40
Natural	Florestal	41.884.000	20,54
	Não florestal	69.237.700	33,95
	Natural não vegetado	263.000	0,13
	Corpos d'água	1.502.500	0,74
	Não observado	2.534.800	1,24
	Subtotal	115.422.000	56,60
Total		203.924.100	100,00

e c) cana-de-açúcar, considerada como cultura semiperene. Mais detalhes sobre os resultados do mapeamento de uso e cobertura da terra do bioma são apresentados no capítulo Potencialidades para intensificação e diversificação agrícola do Cerrado.

Essa forte pressão de ocupação agrícola tem causado perda de biodiversidade, fragmentação e degradação de remanescentes de vegetação natural do Cerrado (Klink; Machado, 2005). Além disso, do bioma apenas 3% são protegidos legalmente por meio de unidades de conservação de proteção integral (Françoso et al., 2015). Dentro desse contexto, o governo federal tem adotado políticas de implantação de agricultura ambientalmente sustentável por meio de programas como o Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que incentiva a adoção de práticas agrícolas de intensificação da produção agropecuária como integração lavoura-pecuária. Os produtores estão se conscientizando cada vez mais da necessidade de conservação do Cerrado, principalmente para proteger os seus recursos hídricos, bastante sensíveis ao fenômeno de mudanças climáticas. Além disso, o mercado interno e externo está cada vez mais atento em restringir compras de produtos oriundos de áreas associadas a desmatamentos recentes.

Comparando-se os dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009) com os dados preliminares do mesmo censo de 2017 (IBGE, 2018), as áreas do Cerrado ocupadas com culturas agrícolas anuais, culturas agrícolas perenes, pastagens cultivadas em boas condições e pastagens cultivadas degradadas passaram de 60,3 milhões de hectares para 67,9 milhões de hectares, o que equivale a um aumento de 13% em 11 anos (aumento de 1,1% ao ano) (Tabela 3). Esse aumento de 7,6 milhões de hectares foi praticamente decorrente do aumento das áreas de culturas anuais no Cerrado e principalmente nos estados de Tocantins e Piauí, que apresentaram acentuado aumento de 132% e 149%, respectivamente. Em todos os estados (exceto Bahia), foi verificada uma redução nas áreas de pastagens nativas, provavelmente em decorrência da sua substituição por gramíneas exóticas mais produtivas, principalmente pelo capim *Brachiaria*, ou mesmo por algum tipo de cultura agrícola. As áreas totais de pastagens cultivadas tiveram um acréscimo de 1,8 milhão de hectares.

Ecorregiões do Cerrado

Políticas públicas voltadas para implantação de agricultura ambientalmente sustentável no Cerrado ou para conservação de sua biodiversidade precisam levar em consideração a diversidade ecológica da paisagem. Uma das formas mais eficientes para isso é considerar o bioma como sendo constituído por diferentes ecorregiões. Uma ecorregião pode ser definida como sendo uma assembleia geograficamente definida de comunidades naturais com condições ambientais similares nas quais as interações ecológicas são críticas para a sobrevivência dessas comunidades em um tempo relativamente longo (Dinerstein et al., 1995). Trata-se ainda de uma região onde os componentes do ecossistema terrestre e aquático são diferentes ou no mínimo menos variáveis que os de outras regiões (Omernik; Bailey, 1997).

Tabela 3. Áreas ocupadas, em hectares, por culturas perenes, por culturas anuais, pastagens nativas, pastagens cultivadas em boas condições e pastagens degradadas no bioma Cerrado em 2006 e 2017.

Unidade federativa	Cultura perene		Cultura anual		Pastagem nativa		Pastagem cultivada em boa condição		Pastagem degradada	
	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017
BA	72.524	96.094	1.381.225	2.223.362	437.981	477.685	1.323.302	1.109.228	227.284	510.642
DF	6.020	9.304	87.403	99.566	32.920	31.613	42.287	27.751	4.590	2.744
GO	223.270	214.307	2.847.716	4.425.503	3.032.059	2.722.191	11.033.735	11.017.357	932.673	903.973
MA	195.888	83.873	1.338.015	1.041.199	1.033.210	673.776	1.561.592	2.034.405	245.505	309.924
MG	586.255	756.925	1.834.887	2.921.894	3.114.660	2.507.967	5.562.316	6.209.021	729.473	1.450.241
MS	40.929	99.386	1.063.088	2.013.001	1.851.420	1.836.487	9.872.612	9.439.764	547.854	285.985
MT	140.211	44.550	3.442.463	5.548.656	2.064.941	1.391.614	5.376.448	6.063.578	788.974	697.771
PI	34.848	52.627	376.359	938.561	418.723	325.285	240.884	266.798	45.599	88.426
PR	842	155	6.966	14.049	3.584	3.147	5.748	9.883	115	837
SP	721.106	592.076	2.418.276	3.073.422	670.172	456.036	680.011	557.437	53.754	7.920
TO	86.114	162.661	411.266	957.398	2.709.601	2.234.311	3.237.860	4.120.976	464.187	669.226
Total	2.108.008	2.019.360	15.207.666	21.124.744	15.369.270	12.204.156	38.936.794	40.294.221	4.040.009	4.440.522

Fonte: IBGE (2018).

O primeiro mapa de ecorregiões do Cerrado, com 22 unidades, foi proposto por Arruda (2003) e Arruda et al. (2008), sendo revisado por Sano et al. (2019). Essa revisão foi justificada por causa do novo limite do Cerrado proposto por IBGE (2004) e por causa da disponibilidade de dados espaciais mais atualizados³ que permitiram delinear, com maior acurácia, os limites internos entre as unidades, além de reduzir o número de ecorregiões para 19 unidades.

Na Figura 1, é mostrado o mapa revisado de ecorregiões do Cerrado com as seguintes unidades: Alto Parnaíba, Alto São Francisco, Araguaia Tocantins, Bananal, Basaltos do Paraná, Bico do Papagaio, Chapada dos Parecis, Chapadão do São Francisco, Complexo Bodoquena, Costeiro, Depressão Cárstica do São Francisco, Depressão Cuiabana, Floresta de Cocais, Jequitinhonha, Paracatu, Paraná-Guimarães, Parnaguá, Planalto Central e Vão do Paranã. As ecorregiões do Paraná-Guimarães e Araguaia Tocantins são as mais extensas, ocupando 17,9% e 14,0% do Cerrado, respectivamente.

Na Figura 2, são mostradas as características biofísicas das ecorregiões do Cerrado em termos de precipitação, compartimentação geomorfológica, unidades pedológicas e temperatura de superfície. Existem diferentes maneiras de analisar espacialmente o regime de chuvas de uma determinada região. A primeira é por meio de técnicas de interpolação de dados pontuais provenientes de estações pluviométricas. Nesse caso, a técnica de Krigagem (ordinária ou universal) é uma das mais utilizadas. Por exemplo, Silva et al. (2008) apresentaram a caracterização climática do Cerrado em termos de precipitação, temperatura, radiação solar, evapotranspiração e umidade relativa do ar com base nessa estratégica metodológica. Uma das principais limitações dessa abordagem é que os atributos climáticos, notadamente aqueles relacionados com precipitação, geralmente não se constituem em fenômenos que exibem distribuição espacial contínua e gradativa.

Outra abordagem é o uso de estimativas de precipitação derivadas de sensores a bordo de satélites como o Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), lançado em 27 de novembro de 1997. Dados de precipitação derivados de satélites são importantes para regiões com baixa densidade de estações pluviométricas. Alguns estudos (Melo et al., 2015) têm mostrado que os dados mensais ou anuais de precipitação do TRMM são relativamente confiáveis.

Neste capítulo, a distribuição da precipitação média anual no Cerrado é apresentada com base nos dados disponibilizados pelo banco de dados denominado WorldClim 2 (Fick; Hijmans, 2017). Esses dados indicam que a precipitação anual varia entre 650 mm a 2.250 mm, aumentando de leste (limite com o bioma Caatinga) para oeste (limite com o bioma Amazônia). A precipitação média anual é de 1.394 mm, com desvio-padrão de 255 mm. Esses dados estão relativamente próximos dos estimados

³ Notadamente os dados do relevo derivados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), dados de precipitação derivados do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ou dados de temperatura da superfície da Terra da base de dados WorldClim 2.

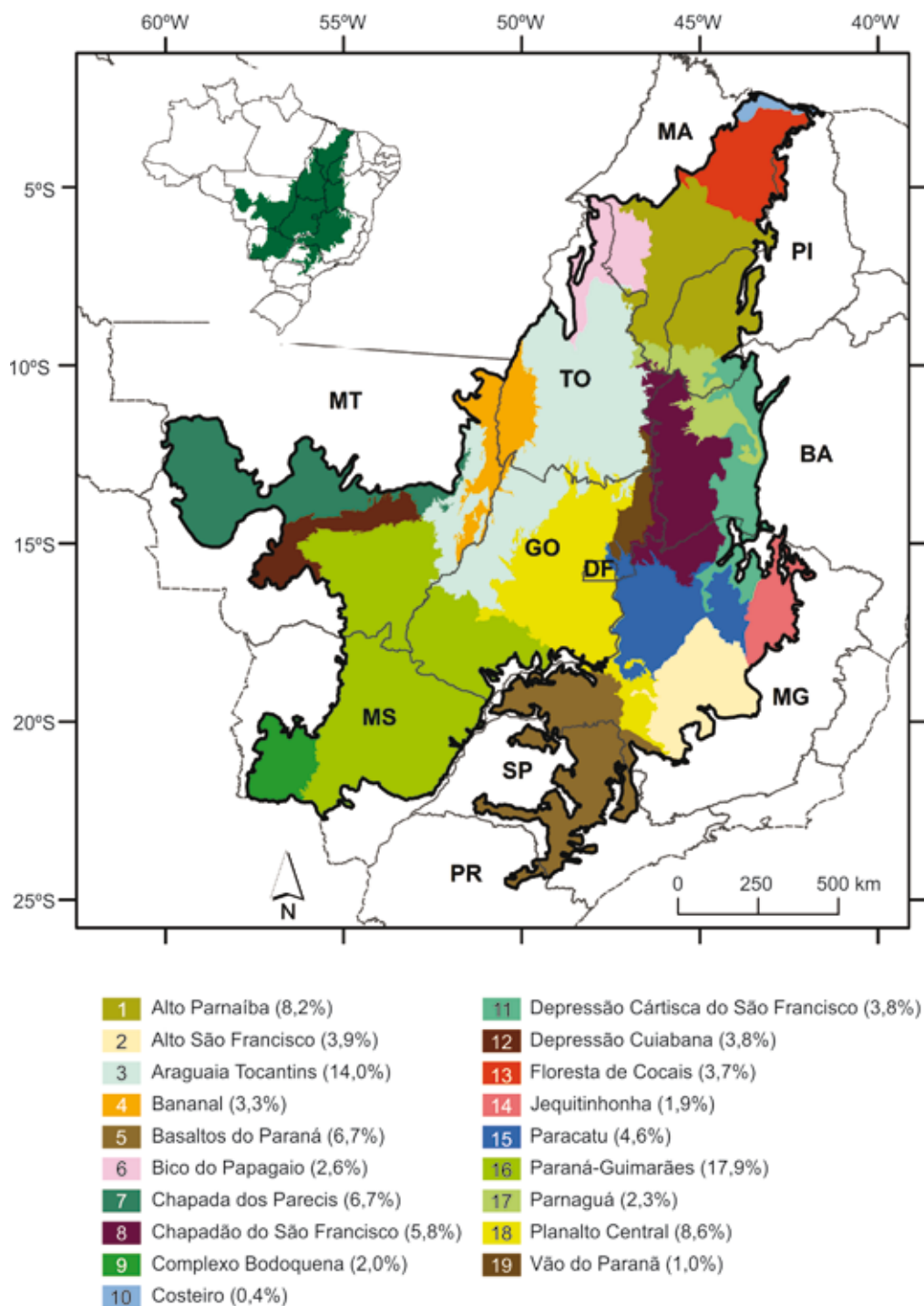


Figura 1. Divisão de ecorregiões do Cerrado e indicativos percentuais (entre parênteses na legenda) em área de cada ecorregião no bioma.

Fonte: Sano et al. (2019).

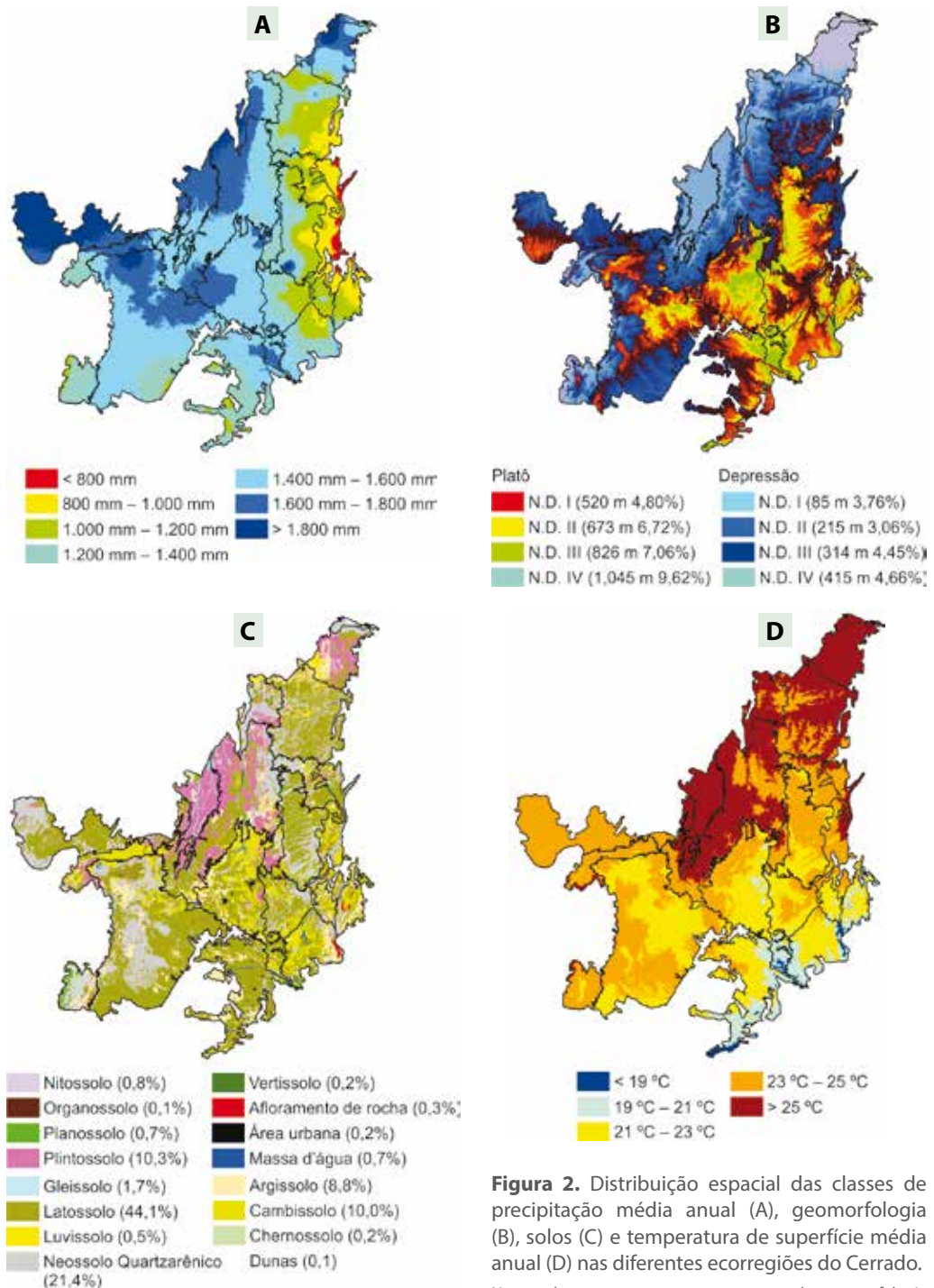


Figura 2. Distribuição espacial das classes de precipitação média anual (A), geomorfologia (B), solos (C) e temperatura de superfície média anual (D) nas diferentes ecorregiões do Cerrado.

Nota: valores e porcentagens no mapa de geomorfologia referem-se a elevações médias e à declividade média em cada compartimento geomorfológico. Porcentagens entre parênteses no mapa de solos indicam a área relativa ocupada por cada classe no bioma. N.D. = nível de dissecação.

Fonte: Sano et al. (2019).

pelo sensor TRMM: variação de 600 mm a 2.000 mm e precipitação média anual de 1.431 mm, com desvio-padrão de 254 mm. Uma das causas dessas diferenças pode ter sido provocada pela não coincidência nos períodos de observação do TRMM e do WorldClim 2.

Os platôs predominam nas ecorregiões localizadas nas porções central e leste do Cerrado, enquanto as depressões ocorrem predominantemente nas porções norte e oeste do Cerrado. A elevação média nos quatro níveis de dissecação em áreas de platôs varia entre 528 m a 1.045 m, enquanto a declividade varia de 4,8% a 9,6%. As regiões com as maiores elevações do Cerrado estão relacionadas com a colisão entre os crátons da Amazônia e do São Francisco (Tohver et al., 2010). Nessas áreas, destacam-se as rochas cristalinas com diversas estruturas geológicas na forma de falhas e dobras, resultado de vários ciclos tectônicos de idade Neoproterozoica (1.000 – 545 milhões de anos). A elevação média nos quatro níveis de dissecação em áreas de depressão varia entre 85 m a 415 m, enquanto a declividade varia de 3,8% a 4,7%. Enquanto algumas ecorregiões são bastante homogêneas do ponto de vista geomorfológico (exemplo, Costeiro, com uma única compartimentação geomorfológica), outras são bastante heterogêneas (exemplo, Paraná-Guimarães, com oito compartimentos).

A caracterização de solos encontrados em diferentes ecorregiões foi baseada no mapa de solos na escala de 1:250.000, disponível na página eletrônica do IBGE (IBGE, 2017). As duas classes dominantes de solos no Cerrado são os Latossolos (44,1%) e os Neossolos Quartzarênicos (21,4%). Latossolos correspondem a solos com alto grau de intemperismo, profundos (> 2 m de profundidade), bem drenados e com coloração predominante que varia do vermelho a amarelo (Reatto et al., 2008). A porcentagem de silte nos Latossolos é relativamente baixa (10% – 20%), porém, a de argila é bastante variável (15% – 80%). Nos Neossolos Quartzarênicos, a porcentagem de argila não ultrapassa 15% e os solos são basicamente formados por quartzo. Plintossolos ocorrem principalmente nas ecorregiões do Bananal, Araguaia Tocantins e Floresta de Cocais. O gradiente de temperatura de superfície no Cerrado aumenta de sul para o norte, indicando um forte controle dos efeitos da latitude. As áreas de platôs mais elevadas tendem ainda a apresentar temperaturas mais amenas. A temperatura de superfície média anual é de 23,7 °C, com mínima de 15,6 °C e máxima de 28,1 °C.

Na Tabela 4 são mostradas as unidades geomorfológicas e pedológicas dominantes em cada ecorregião, bem como a precipitação média anual e a porcentagem de cobertura antrópica. Apenas duas ecorregiões apresentam precipitação média anual superior a 1.600 mm: Bananal e Depressão Cuiabana. No entanto, essas duas ecorregiões apresentam porcentagens relativamente baixas de cobertura antrópica (15,0% e 37,0%, respectivamente). A Terra Indígena Parque do Araguaia cobre praticamente toda a ecorregião do Bananal, enquanto a geomorfologia (depressão) e o tipo de solo predominante (Cambissolos) não favorecem a atividade agropecuária nessas áreas. As duas ecorregiões que apresentam as maiores porcentagens de cobertura antrópica são as do Basaltos do Paraná (71,5%) e Paraná-Guimarães (61,9%). Ambas

Tabela 4. Área relativa e características predominantes de cada ecorregião em termos de geomorfologia, solos, precipitação e uso antrópico.

Ecorregião	Compartimentação geomorfológica dominante	Unidade pedológica dominante	Precipitação média anual (mm)	Temperatura de superfície média anual (°C)	Cobertura antrópica ⁽¹⁾ (%)
Alto Parnaíba	Depressão	Latossolos	1.160	25,3	20,0
Alto São Francisco	Platô	Latossolos	1.301	21,1	45,6
Araguaia Tocantins	Depressão	Latossolos	1.573	25,2	37,1
Bananal	Depressão	Plintossolos	1.645	26,4	15,0
Basaltos do Paraná	Platô	Latossolos	1.392	21,3	71,5
Bico do Papagaio	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.558	25,3	25,9
Chapada dos Parecis	Platô dissecado	Latossolos	1.881	24,0	35,9
Chapadão do São Francisco	Platô	Latossolos	1.223	23,2	29,1
Complexo Bodoquena	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.308	23,9	48,4
Costeiro	Depressão	Neossolos Quartzarênicos	1.692	27,2	2,6
Depressão Cárstica do São Francisco	Depressão Intraplato	Latossolos	896	24,3	33,3
Depressão Cuiabana	Depressão	Cambissolos	1.528	24,1	37,5
Floresta de Cocais	Depressão	Plintossolos	1.556	30,0	20,1
Jequitinhonha	Platô	Latossolos	1.011	21,2	20,2
Paracatu	Platô	Latossolos	1.257	22,3	42,4
Paraná-Guimarães	Platô	Latossolos	1.528	23,0	61,9
Parnaguá	Depressão	Latossolos	1.045	24,5	10,1
Planalto Central	Platô	Latossolos	1.560	22,4	50,2
Vão do Paraná	Intraplato	Plintossolos	1.379	24,5	45,6
Média	53% platôs 47% depressão	Latossolos (45%)	1.394	24,0	34,3%

⁽¹⁾ Apenas culturas agrícolas e pastagens cultivadas (as duas classes de uso das terras mais representativas).
Fonte: Sano et al. (2019).

localizam-se na porção sul do bioma e refletem o próprio processo de ocupação do Cerrado, que se iniciou na porção sul principalmente pelos agricultores dos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, e expandiu-se em direção norte, tendo como ponto central a cidade de Brasília, construída na década de 1960 para ser a nova capital do País. Outro ponto relevante são os solos férteis encontrados nessas duas ecorregiões, resultado do intemperismo dos espessos derrames basálticos da Formação Serra Geral da bacia sedimentar do Paraná, do Triássico.

Matopiba

A denominação Matopiba é dada para a mais nova fronteira agrícola do Cerrado e engloba o sul do Maranhão, todo o Tocantins, o sul do Piauí e o oeste da Bahia, recebendo esse nome por causa da soma das iniciais dos estados que a constitui (Miranda et al., 2014). O Matopiba engloba 337 municípios e uma área mais de 73 milhões de hectares. Essa região destaca-se pela produção de grãos, notadamente soja e algodão, principalmente nos Latossolos localizados nos platôs das ecorregiões do Chapadão do São Francisco e do Alto Parnaíba. Dentre os principais aspectos que levaram ao surgimento dessa nova fronteira agrícola, incluem-se: a disponibilidade de áreas relativamente extensas com relevo plano, o que facilita a introdução de mecanização intensiva; a presença de solos com propriedades físicas (notadamente textura e baixa compactação) favoráveis para mecanização; o regime de chuvas que permite o plantio de culturas de sequeiro; o custo de aquisição de terras mais baixo em relação a outras regiões produtoras de grãos no Cerrado; e a possibilidade de escoamento de grãos para exportação no litoral norte do Brasil, notadamente no porto de Itaqui em São Luís, MA, a partir de uma integração com a Estrada de Ferro Carajás.

Essa região mostrou um impressionante crescimento na produção de soja no período de 1990–2015, passando de 260 mil toneladas em 1990 para 10,8 milhões de toneladas em 2015, isto é, um aumento de 4.028% em 25 anos (Figura 3). O município baiano de São Desidério foi o que apresentou o maior aumento na produção de soja, passando de 1.999 t em 1990 para 1.134.000 t em 2015 (um aumento de mais de 28.000%) (Figura 4). Esse município apresenta uma precipitação média anual de 1.145 mm (dados do TRMM, período de 1998–2015), extensos platôs com elevação média de 778 m e declividade média de 1,8% (dados do SRTM) e predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (solos ácidos, profundos, com nível de fertilidade baixa a intermediária). Essa combinação de precipitação, topografia e solos favorece o surgimento de agricultura de sequeiro de larga escala.

A dinâmica de uso e cobertura da terra da região indica que o estoque de áreas antropizadas, de boa aptidão para lavouras, está diminuindo e a expansão de novas áreas agrícolas dependerá do acesso a áreas que hoje possuem cobertura natural (Bolfe et al., 2016). Dessa forma, ações para elevar a produtividade das áreas já cultivadas e a recuperação de áreas degradadas associadas ao planejamento territorial devem ser incentivadas visando ao desenvolvimento mais sustentável da região.

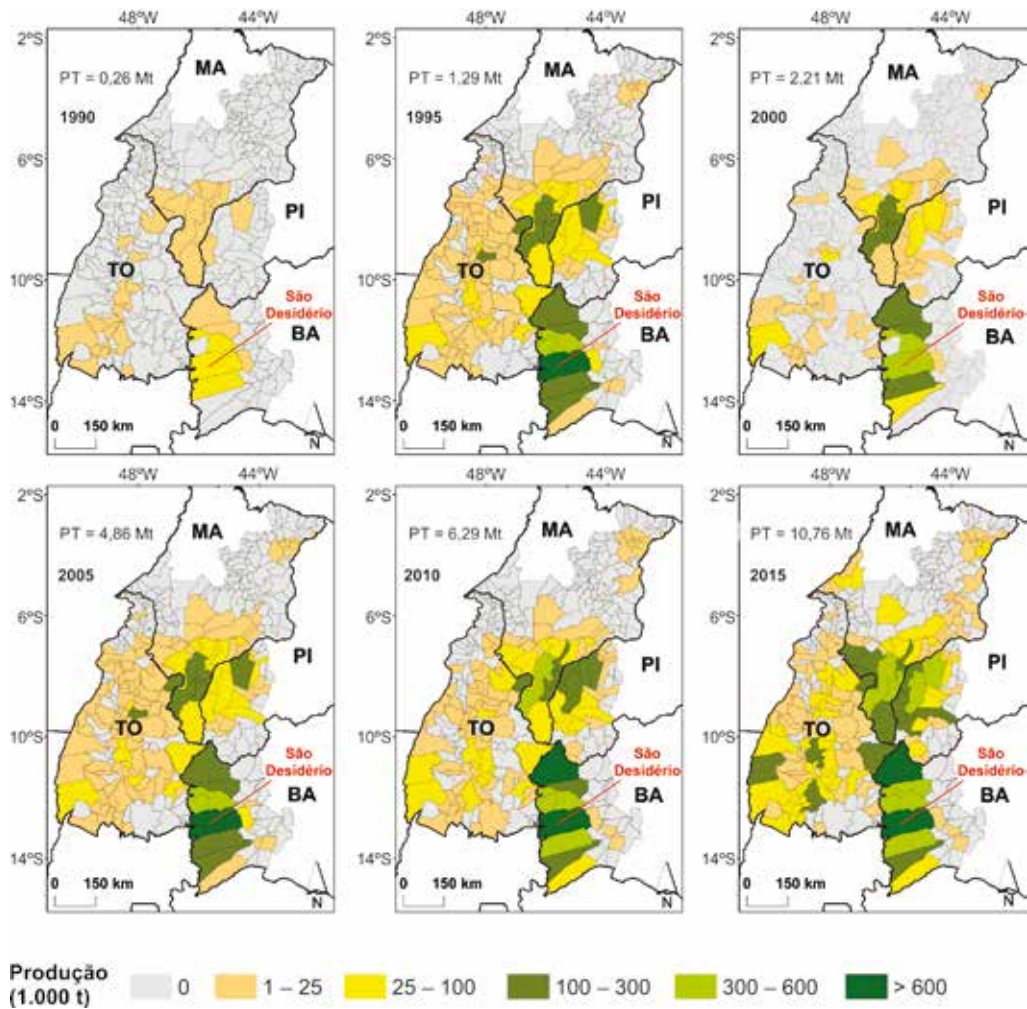


Figura 3. Dinâmica espaço-temporal da produção de soja na região de Matopiba: (A) 1990; (B) 1995; (C) 2000; (D) 2005; (E) 2010; e (F) 2015.

Nota: PT = produção total; Mt = milhões de toneladas. Nota: destaque para o município de São Desidério na Bahia, que apresentou a maior expansão em termos de produção de soja no período considerado.

Fonte: Adaptado de Araújo (2018).

Considerações finais

Com base nas características da paisagem do Cerrado apresentadas neste capítulo, pode-se deduzir que o Cerrado é bastante heterogêneo, tanto em termos de suas características biofísicas (geomorfologia, solos, clima e vegetação) como em termos de ocupação agrícola. Aproximadamente metade do bioma já foi convertida em algum tipo de uso antrópico e uma nova fronteira agrícola (Matopiba) está em processo de instalação em uma área onde são encontrados os maiores fragmentos de vegetação natural do Cerrado. Ademais, o Cerrado é relativamente frágil em termos de conser-

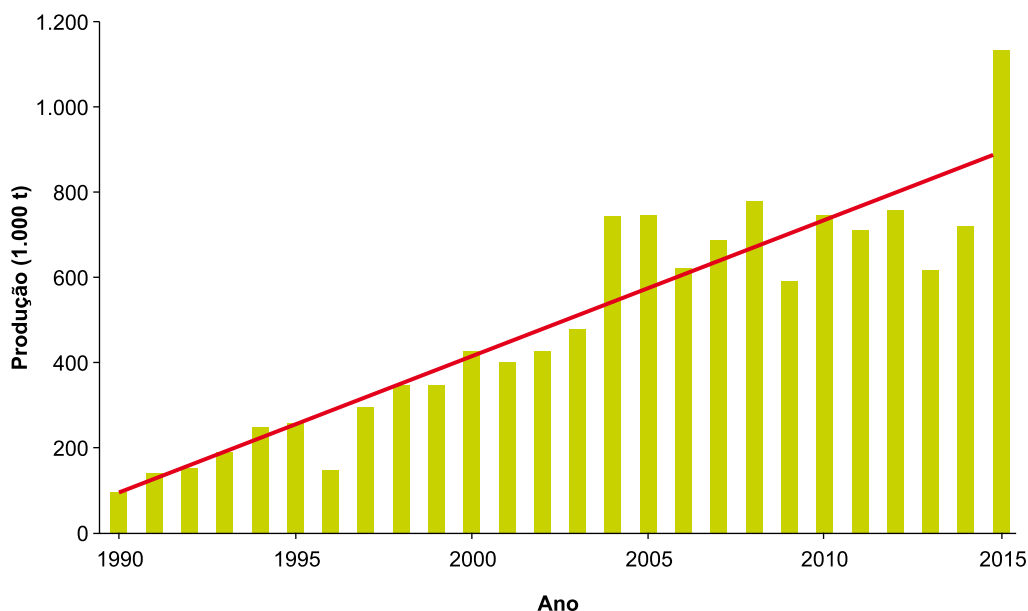


Figura 4. Evolução da produção de soja no município de São Desidério, BA (1990–2015).

Notas: A produção média de soja do município, entre 1990 e 2015, foi de 489.634 t; a linha vermelha representa a linha de tendência.

Fonte: Adaptado de Araújo (2018).

vação da biodiversidade, uma vez que a área protegida na forma de unidades de conservação é muito menor, por exemplo, em relação à Amazônia, além do fato de que o Código Florestal Brasileiro exige a conservação de apenas 20% da propriedade com vegetação nativa (30% se a propriedade estiver localizada na Amazônia Legal).

Discussões sobre agricultura ambientalmente sustentável do Cerrado envolvem tanto defensores da conservação (e seus serviços ecossistêmicos associados) como defensores da agricultura (e suas receitas associadas). Temas que devem ganhar grande relevância em um futuro próximo são a conservação dos recursos hídricos, a definição de cenários associados com mudanças climáticas globais e a intensificação da agricultura. Todas essas discussões devem ser conduzidas à luz da heterogeneidade da paisagem e do ambiente do Cerrado, retratadas neste capítulo por meio de ecorregiões.

Referências

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1985. p. 33-74.

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the

Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 3, p. 291-302, Sept. 2016. DOI: 10.1590/1809-4392201505504.

ARAÚJO, M. L. S. **Dinâmica espaço-temporal da cultura de soja na região do Matopiba, Brasil (1990-2015)**. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ARRUDA, M. B. **Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas e ecorregiões continentais do Brasil: o caso do bioma Cerrado**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; CAMPOS, R. N.; MARTINS, R. C.; MARTINS, E. S. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 229-272.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 993-1003, 1993.

BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; CONTINI, E.; SILVA, G. B. S.; SPINELLI-ARAUJO, L.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 12, p. 39-62, out./dez. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado**: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Cerrado/publicacoes/Livro%20EMBRAPA-WEB-1-TerraClass%20Cerrado.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D.; GRAHAM, D.; PRIMM, S.; BOOKBINDER, M.; LEDEC, G. **Una evaluación de la conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe**: una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington, DC: WWF, 1995. Disponível em: <<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/917091468269687252/Una-evaluacion-del-estado-de-conservacion-de-las-ecoregiones-terrestres-de-America-Latina-y-el-Caribe>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, p. 4302-4315, 2017. DOI: 10.1002/joc.5086.

FRANÇOZO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 13, p. 35-40, Jan./June 2015. DOI: 10.1016/j.ncon.2015.04.001.

IBGE. **Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14318-asi-ibge-apresenta-nova-area-territorial-brasileira-8515767049-km>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

IBGE. **Censo agropecuário 2017**: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

IBGE. **Mapa de biomas e de vegetação**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, June 2005. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas de cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIRAS, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.

MELO, D. C. D.; XAVIER, A. C.; BIANCHI, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; SCANLON, B. R.; LUCAS, M. C.; WENDLAND, E. Performance evaluation of rainfall estimates by TRMM multi-satellite precipitation analysis 3B42V6 an V7 over Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 120, p. 9426-9436, Aug. 2015. DOI: 10.1002/2015JD023797.

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. **Proposta de delimitação territorial do Matopiba**. Campinas: Embrapa, 2014. 18 p. (Embrapa. Nota técnica GITE, 1).

OMERNIK, J. M.; BAILEY, R. G. Distinguishing between watersheds and ecoregions. **Journal of American Water Resources Association**, v. 33, n. 5, p. 935-949, 1997. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1997.tb04115.x.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; MARTINS, E. S. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica 2008. p. 107-149.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 813-828, Feb. 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.108.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring & Assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, July 2010.

SCARAMUZZA, C. A. M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C. Land-use and Land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, p. 1041-1051, 2017.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 69-88.

TOHVER, E.; TRINDADE, R. I. F.; SOLUM, J. G.; HALL, C. M.; RICCOMINI, C.; NOGUEIRA, A. C. Closing the Clymene ocean and bending a Brasiliano belt: evidence for the Cambrian formation of Gondwana, southeast Amazon craton. **Geology**, v. 38, n. 3, p. 267-270, Mar. 2010. DOI: 10.1130/G30510.1.

Capítulo 2

Cerrado

Pilar da agricultura brasileira

Carlos Augusto Mattos Santana

Silvia Kanadani Campos

Renner Marra

Adalberto Araújo Aragão

Introdução

O desempenho da agricultura brasileira nas últimas quatro décadas reflete, em grande medida, o extraordinário desenvolvimento desse setor no Cerrado, ilustrando a importância do bioma para a economia do País e para a segurança alimentar global. Em 1975, o valor da produção das culturas temporárias e permanentes¹ no Brasil totalizou R\$ 223 bilhões a preços de 2017. Quarenta anos mais tarde, apesar da evolução desfavorável dos preços agrícolas², esse valor somou R\$ 294 bilhões, também em termos reais de 2017. No primeiro ano desse período, o Cerrado contribuiu com 18% para o valor total da produção desses dois tipos de culturas no Brasil, passando, em 2015, para 41%. O objetivo deste capítulo é apresentar a evolução de lavouras temporárias e dos rebanhos bovino, suíno e avícola do Cerrado, no período entre 1975 e 2015.

A expansão das culturas temporárias no Cerrado foi o que mais contribuiu para o aumento do valor da produção agrícola do País nas últimas quatro décadas. Entre 1975 e 1990, a participação das culturas temporárias do Cerrado, em termos de valor total da produção das culturas permanentes e temporárias do Brasil, registrou uma moderada tendência de crescimento, passando de 15,6% para 19,3%. Contudo, a partir do início dos anos 1990, como resultado dos primeiros impactos do processo de modernização da agricultura, essa participação expandiu substancialmente, alcançando 38% em 2015 (Figura 1). Em contraste com esse desempenho, a contri-

¹ Culturas temporárias são culturas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a 1 ano, as quais, após a colheita, necessitam de novo plantio para produzir, como: soja, milho, feijão, etc.; culturas permanentes são culturas de longo ciclo vegetativo, que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio, como: café, maçã, pera, uva, manga, laranja, etc. (IBGE, 2019).

² Embora a produção tenha crescido substancialmente no período, os preços caíram, o que justifica um crescimento não tão acentuado do valor da produção. Especificamente, entre 1975 e 2015, a produção de grãos cresceu aproximadamente cinco vezes, atingindo 200 milhões de toneladas no fim do período (IBGE, 2018). Nesse mesmo período, o índice de preços de commodities agrícolas reduziu pela metade (FAO, 2018), o que justifica um crescimento mais moderado do valor da produção.

buição das culturas permanentes provenientes desse bioma expandiu de 2,9% em 1975 para 9,8% em 1988 e posteriormente seguiu uma trajetória de queda, diminuindo para 3,1% em 2015.

O Cerrado também tem desempenhado um papel fundamental na expansão da bovinocultura, suinocultura e avicultura no Brasil. No caso do rebanho bovino, embora a participação do bioma no total do Brasil tenha reduzido após 1993, em termos absolutos, o número de animais continuou crescendo, atingindo 76 milhões de cabeças em 2015. Em contrapartida, a expansão da suinocultura e da bovinocultura no Cerrado foi maior do que no restante do Brasil ao longo de praticamente todo o período analisado. Como resultado, a parcela do Cerrado nessas atividades cresceu, atingindo 22% e 25%, respectivamente.

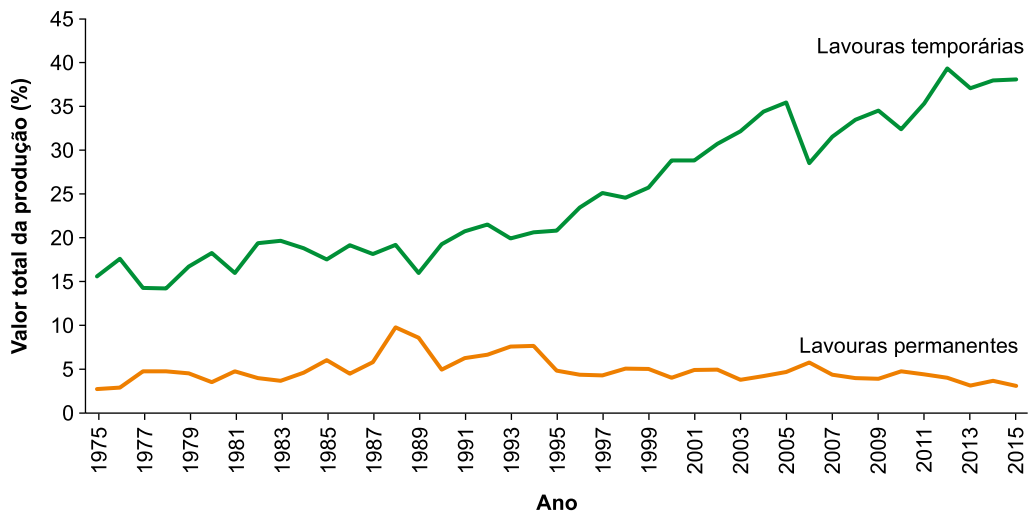


Figura 1. Participação das culturas temporárias e permanentes do Cerrado em termos de valor da produção no Brasil, no período de 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

O Cerrado e a expansão das culturas temporárias³

As lavouras temporárias que mais se beneficiaram do Cerrado como fonte de recursos para a expansão agrícola brasileira foram a soja, o milho, o algodão, a cana-de-açúcar, o sorgo e o arroz (Tabela 1). Outros cultivos também tiveram como fonte de expansão os recursos existentes no Cerrado, reforçando a posição de destaque do bioma no País, entre eles, os plantios de tomate, feijão, alho, amendoim e batata-inglesa.

³ As lavouras temporárias consideradas nesse item compreendem exclusivamente às listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Área colhida (hectares) com culturas temporárias nas microrregiões do Cerrado no período 1975–2015.

Cultura	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Soja	549.010	1.566.104	3.645.557	4.990.852	5.935.746	7.165.162	12.915.522	12.736.066	17.244.075
Milho	2.201.404	2.407.231	2.374.904	2.912.491	3.536.693	3.267.528	3.598.641	4.899.115	7.683.944
Cana-de-açúcar	490.410	760.524	1.249.351	1.402.215	1.755.438	1.991.728	2.445.171	4.025.709	4.962.038
Algodão	336.475	270.958	387.987	288.699	240.955	498.706	994.493	781.327	1.008.854
Feijão	662.680	801.821	810.023	691.908	639.718	547.568	570.512	723.702	796.552
Sorgo	11.652	12.550	48.058	65.355	95.381	458.867	641.778	547.830	610.419
Arroz	2.764.717	3.496.971	2.204.538	1.635.487	1.645.924	1.320.356	1.333.531	746.149	420.726
Mandioca	352.689	358.859	246.050	240.750	242.695	205.969	232.336	226.302	189.708
Trigo	50.112	151.389	222.540	205.227	32.300	54.981	147.824	114.402	155.573
Girassol	-	-	-	-	-	-	31.094	51.113	106.502
Amendoim	50.400	62.297	47.533	26.973	39.400	43.160	62.668	36.806	48.497
Batata-inglesa	4.883	5.060	5.293	5.379	7.001	11.234	24.939	34.714	34.521
Melancia	27.811	26.498	25.091	18.597	23.683	16.526	10.514	19.535	23.233
Tomate	8.224	6.670	8.801	15.477	12.990	18.486	19.769	25.018	21.550
Aveia	-	-	8.418	4.230	4.405	5.102	11.830	11.670	20.655
Abacaxi	6.903	7.291	13.986	11.809	18.743	19.767	12.974	14.487	17.592
Cebola	2.573	2.281	2.507	2.726	3.865	3.579	3.311	4.988	7.826
Alho	932	2.168	2.066	3.773	3.038	3.300	3.479	4.555	5.168
Triticale	-	-	-	-	-	-	25.040	14.950	3.000
Batata-doce	5.595	2.496	2.092	934	628	611	598	1.584	2.242
Mamona	54.283	23.843	30.548	5.742	3.273	29.121	11.566	11.785	1.215
Cevada	-	-	31	-	-	-	938	-	1.000
Fava	22.033	23.283	21.905	19.414	16.666	3.170	2.415	2.479	637
Ervilha	-	-	-	10.029	172	632	1.527	940	550
Centeio	-	-	-	-	-	270	250	-	200
Melão	329	439	377	563	164	172	124	18	61
Fumo	7.219	4.186	1.607	622	832	660	94	267	
Total Cerrado	7.610.334	9.992.919	11.359.263	12.559.252	14.259.710	15.666.925	23.103.188	25.035.511	33.366.538
Total Brasil	36.557.073	42.146.626	44.748.348	43.461.790	45.054.722	44.011.553	56.354.956	58.304.253	70.118.621

Fonte: IBGE (2018).

Cultivos de soja, milho e algodão

Em meados dos anos 1970, aproximadamente 50 microrregiões cultivavam soja no Cerrado. A criação de cultivares adaptadas ao clima tropical juntamente com outros fatores, como o preço da terra relativamente mais atraente, o crédito abundante, a crescente demanda internacional e o empreendedorismo dos produtores, particularmente os do Sul do País, favoreceram a expansão da soja para outras microrregiões do bioma. Em 2015, 99 microrregiões de um total de 110 produziam essa oleaginosa no Cerrado. Como consequência desse desenvolvimento, a área colhida com esta cultura no Cerrado passou de 540 mil hectares em 1975 para 17,4 milhões de hectares em 2015. Em termos relativos, esses valores correspondem, respectivamente, a 9% e a 54% do total do Brasil.

Praticamente não houve expansão significativa na área colhida com soja no Cerrado no período 1975–1985 (Figura 2). Entretanto, a partir de 1990, o cenário começou a se alterar. Entre 1990 e 2000, houve uma acentuada expansão no número de microrregiões com área colhida superior a 500 mil hectares (cinco microrregiões localizadas nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul). A partir de 2005, começam a surgir, pela primeira vez, microrregiões apresentando área colhida maior do que 1 milhão de hectares, por exemplo, em Alto Teles Pires, MT e Parecis, MT.

Em contraste com a soja, que expandiu tanto em termos de microrregiões produtoras como em área utilizada, o milho foi cultivado em quase todas as microrregiões do Cerrado no período 1975–2015. A contribuição do bioma para a expansão do milho no Brasil ocorreu, portanto, sem que houvesse um avanço significativo da cultura em direção a novas microrregiões. Em 1975, o Cerrado respondeu por 20% da área colhida com milho no Brasil. Em 2015, essa participação foi bem maior (49%), portanto, em quatro décadas o bioma se tornou a principal região de cultivo desse grão no País.

A relevância do Cerrado para o cultivo do algodão no Brasil apresentou uma evolução extraordinária entre 1975 e 2015. No início do período, a região respondia por 22% da área total colhida com esse produto. Posteriormente, por causa de um conjunto de fatores, como desenvolvimento de novas tecnologias, infestação de pragas em outras regiões, ocorrência de alguns eventos climáticos extremos, mudanças de políticas econômicas e abertura comercial, o cultivo do algodão foi migrando gradualmente de outros biomas para o Cerrado. A intensificação desse processo de mudança espacial da cultura ocorreu a partir do final dos anos 1990 (Figura 3). Até aquele período, a área colhida com algodão no Cerrado variou entre 200 mil e 390 mil hectares. A partir de 1998, iniciou-se uma nova tendência que elevou a participação do Cerrado na área total colhida com esse produto para 98% em 2015, ou seja, praticamente toda a produção de algodão do Brasil passou a estar concentrada no Cerrado.

Cultivo do sorgo

Outra atividade agrícola cujo desempenho está fortemente associado ao Cerrado é o cultivo do sorgo. Entre 1975 e 1995, a área colhida com esse produto no bioma

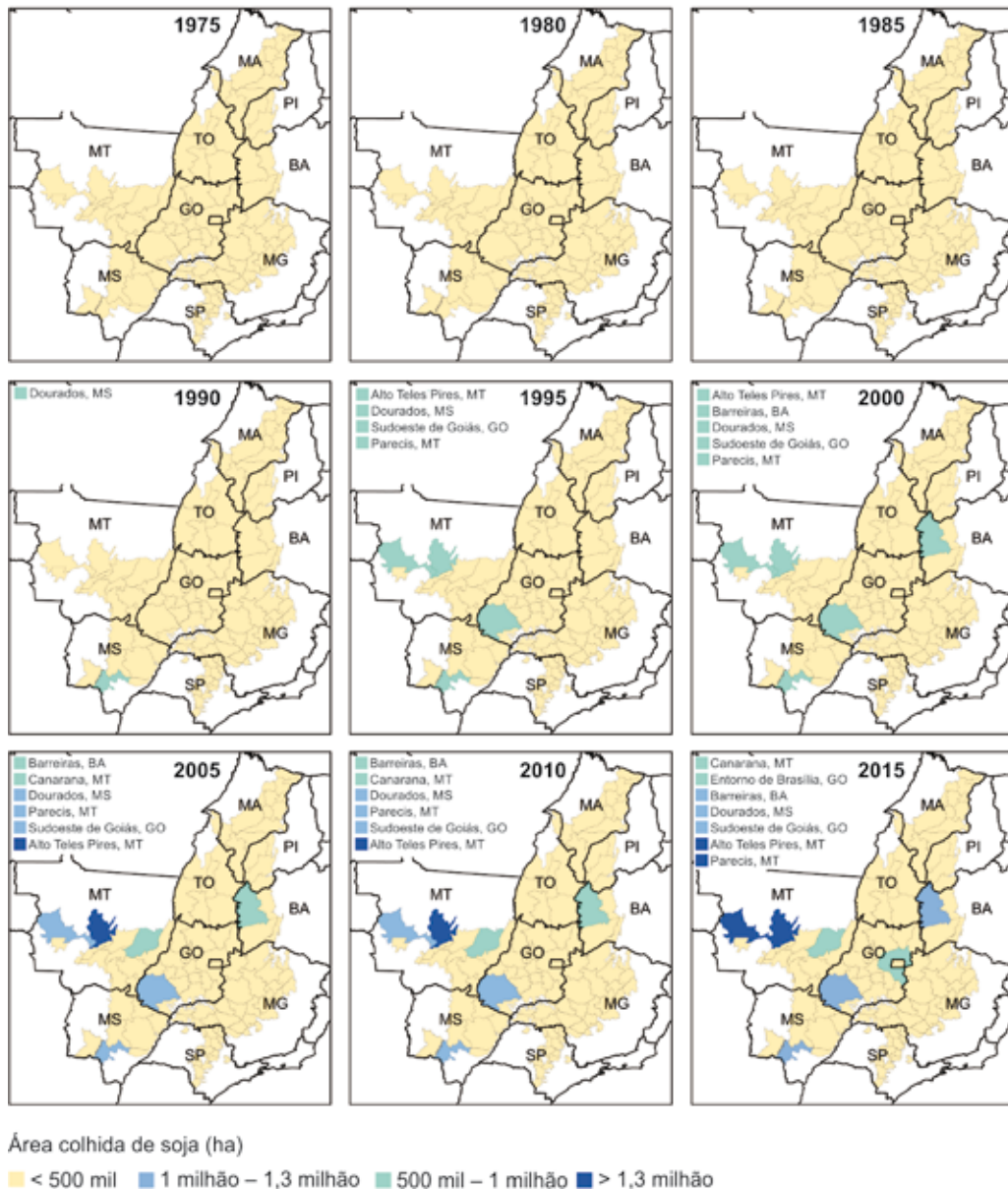


Figura 2. Dinâmica espaço-temporal da área colhida com soja nas microrregiões do Cerrado, no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

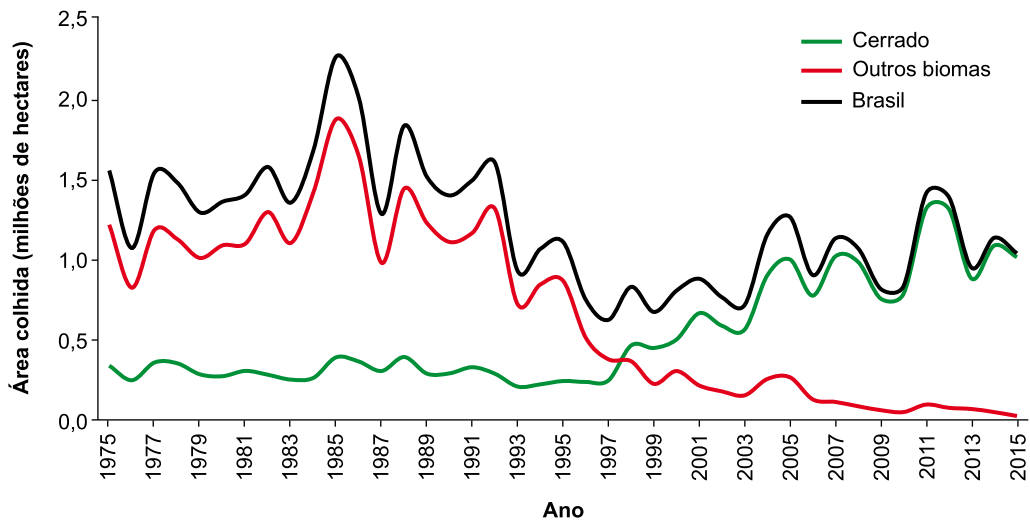


Figura 3. Área colhida de algodão herbáceo no Cerrado, nos demais biomas e no Brasil, no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

creceu agregando 83.729 ha aos 11.652 ha cultivados inicialmente. Comparado com o observado em 1995–2015 (inclusão de uma área adicional de 515.038 ha), a expansão da área colhida em 1975–1995 foi relativamente menor. A explicação para essa diferença está relacionada ao acentuado desenvolvimento da produção de sorgo no Cerrado a partir de meados dos anos 1990.

Durante o primeiro dos períodos supracitados, o plantio de sorgo ocorria principalmente no Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul e no Paraná. A competição com outras culturas, como o milho e o trigo, dificultou a expansão continuada do sorgo naquela região da forma como vinha ocorrendo. Além disso, a crescente utilização dos sistemas de plantio direto e da safrinha (safra de outono-inverno) aumentou ainda mais a dificuldade de expansão do sorgo naqueles dois estados. Como resultado dessa situação, o cultivo do sorgo migrou para o Cerrado (Tsunechiro et al., 2002). Um terceiro fator também contribuiu para o deslocamento do sorgo para o Cerrado (Duarte, 2008): a criação do Grupo Pró-Sorgo, que tinha como objetivo fomentar o cultivo desse produto e divulgar novas tecnologias. Nesse contexto, a participação do Cerrado na área colhida com sorgo no Brasil aumentou de 13% em 1975 para 83% em 2015.

Cultivo da cana-de-açúcar

O Cerrado converteu-se também, ao longo das últimas quatro décadas, em uma região de grande importância para o cultivo da cana-de-açúcar. Entre 1975 e 2015, a área colhida com esse produto no bioma aumentou de 490 mil hectares para cerca de 5 milhões de hectares. Com isso, a participação do bioma na área colhida com

a cana no Brasil expandiu substancialmente, passando de 25% para 49% naquele período. Embora continuando a ser cultivada em São Paulo e em algumas regiões do Nordeste, o deslocamento espacial da cana para o bioma Cerrado ocorreu, em grande medida, graças ao crescimento do plantio dessa cultura em terras paulistas e em partes de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Segundo Correa (2013), a expansão da cana nesses três últimos estados, considerados como a nova fronteira agrícola desse produto, foi motivada, entre outros fatores, pela disponibilidade e preços menores das terras nessa região; pelos incentivos dos governos estaduais e municipais para a instalação de novas usinas de açúcar e álcool; pelas condições climáticas adequadas à cultura; pela declividade do terreno (favorável à mecanização) e pela proximidade dos mercados internos. Para essa autora, parte significativa da transformação observada ocasionou duas mudanças estruturais significativas: a) deslocamento da pecuária para áreas mais remotas; e b) substituição parcial de algumas culturas, como laranja, arroz, feijão e milho, pela cana-de-açúcar.

Cultivos diversos

Além de ocupar um lugar de destaque no cultivo das principais commodities agrícolas brasileiras (soja, algodão, cana-de-açúcar e milho), o Cerrado também desempenha um papel de grande relevância no cultivo de feijão, tomate, alho, amendoim e batata-inglesa. Em contraste com o observado com algumas das grandes culturas mencionadas anteriormente, a área colhida com feijão no Brasil seguiu uma marcada tendência de queda durante o período 1975–2015. Nesse contexto, o Cerrado, diferentemente de outros biomas, exerceu um papel particular, amenizando a trajetória decrescente e continuada, em especial, após 1996. Entre 1975 e 1996, a área colhida com feijão no Cerrado diminuiu ao longo dos anos, caindo de 662.680 ha para 460.056 ha. Após esse período, enquanto a área colhida com essa leguminosa caiu fortemente em diferentes regiões, no Cerrado ela se expandiu significativamente, alcançando 796.552 ha em 2015. Essa expansão foi particularmente mais acentuada em algumas microrregiões do bioma como no Entorno de Brasília, em Unaí, MG e em Paracatu, MG. Parte desse crescimento resultou da intensificação no uso de sistemas de irrigação. Além de contribuir para a expansão do cultivo de feijão, a irrigação aumentou a produtividade e propiciou uma maior estabilidade da renda dos produtores.

A produção do tomate industrial (tomate rasteiro) teve início no estado de Pernambuco, porém, desenvolveu-se mais no estado de São Paulo durante os anos de 1950, 1960 e 1970. Após esse período, a produção se estendeu para o Nordeste. Na década de 1990, ela deslocou-se novamente, desta vez para o Cerrado, onde clima, topografia, novas tecnologias, logística privilegiada e produção de até quatro safras por ano têm favorecido a continuidade do processo de expansão do cultivo na região. Como consequência, a participação do Cerrado na área colhida com tomate no Brasil passou de 18% em 1975 para 34% em 2015. Goiás, que no início desse período ocupava a oitava posição em termos de quantidade produzida, tornou-se o maior produtor depois de São Paulo, que permaneceu em primeiro lugar.

Em relação ao alho e ao amendoim, o Cerrado aportou recursos naturais e humanos suficientes para que a participação desses cultivos nas respectivas áreas colhidas com esses produtos no Brasil aumentasse de 15% a 17% em 1975 para 33% a 48% em 2015. No caso da batata-inglesa cultivada no Cerrado, o incremento da participação da área colhida no total nacional foi de 3% para 26% no mesmo período.

Cabe assinalar ainda que, em contraste com o observado com os cultivos anteriormente mencionados, o Cerrado deixou aos poucos de ser um bioma importante para o cultivo do arroz, em especial o de terras altas que atuou como cultura pioneira durante o processo de ocupação agrícola do bioma que se iniciou nos anos 1960. Em 1975, pouco mais da metade da área total colhida com esse grão tinha como origem o Cerrado. Quatro décadas mais tarde, essa participação caiu para 20%. Segundo Pinheiro et al. (2008), essa mudança resultou, entre outros elementos, do deslocamento da preferência dos consumidores nacionais do padrão amarelão de sequeiro para o padrão longo-fino do arroz irrigado. Não obstante a introdução de novas cultivares de grãos longos-finos denominadas “agulhinha de sequeiro” na década de 1990 e a difusão do sistema Barreirão, que consiste no cultivo consorciado do arroz e outras culturas com pastagem (Kluthcouski et al., 1991), a tendência de redução do cultivo do arroz de terras altas continuou ao longo dos anos até o presente.

O Cerrado e a expansão de culturas permanentes⁴

Os cultivos permanentes também encontraram no Cerrado elementos importantes para sustentar a sua expansão nas últimas quatro décadas. Entretanto, a relevância desse bioma para o crescimento das culturas permanentes foi relativamente menor (Tabelas 1 e 2). Enquanto a participação da área colhida com as culturas temporárias aumentou de 21% para 48% do total nacional, entre 1975 e 2015, a das culturas permanentes variou apenas de 13% para 18% (passando de 481 mil hectares para 816 mil hectares).

As culturas permanentes que mais se beneficiaram do Cerrado para a expansão da área colhida foram o café, a laranja, a seringueira, a banana, o limão e a manga. Entre 1975 e 2015, o cultivo do café experimentou uma mudança importante na geografia da sua produção, deslocando-se espacialmente do eixo tradicional São Paulo e Paraná para em direção ao Espírito Santo e partes do Cerrado, especialmente para algumas microrregiões de Minas Gerais: Passos, Capelinha, Patrocínio, Patos de Minas, Araxá, Piuí, Paracatu e Unaí. Como resultado dessa transformação, a participação do Cerrado na área total colhida com café no Brasil aumentou de 12% em 1975 para 18% em 2015. Entre outros, os principais fatores que influenciaram essa dinâmica foram: a ocorrência de fortes geadas que incidiram sobre os cafezais do Paraná e de São Paulo, em especial em 1975; a introdução de novas variedades e práticas agromômicas; os zoneamentos agroclimáticos; as políticas públicas, como as medidas de

⁴ As lavouras permanentes consideradas nesse item compreendem exclusivamente as listadas na Tabela 2.

erradicação de cafezais e o Plano de Renovação e Revigoramento dos Cafezais; e a extinção do organismo oficial regulador do setor, o Instituto Brasileiro do Café (IBC) (Pelegrini; Simões, 2010).

Entre 1975 e 1985, não houve expansão significativa nas áreas colhidas com café. Nenhuma das 110 microrregiões apresentou áreas colhidas superiores a 30 mil hectares (Figura 4). O quadro no Cerrado começou a se alterar a partir de 1990 com o surgimento de quatro microrregiões que passaram a apresentar áreas colhidas superiores a 30 mil hectares. Em 2000, a microrregião de Patrocínio, MG registrou uma área colhida superior a 70 mil hectares. Todas as microrregiões com área colhida superior a 30 mil hectares localizaram-se nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

A utilização de terras do Cerrado também foi bastante expressiva para a produção de laranja, outro produto de grande relevância para a economia nacional. Entre 1975 e 1990, a área colhida com laranja no Cerrado aumentou de 160 mil hectares para 429 mil hectares (Tabela 2). Posteriormente, ela seguiu uma moderada tendência decrescente, alcançando 284 mil hectares em 2015⁵. Acompanhando essa trajetória e refletindo a relevância do Cerrado para o cultivo de laranja, a participação da área colhida expandiu de 40% para 47% do total nacional no período 1975–1990; depois ela se estabilizou em torno de 43% até 2015.

Historicamente, os pomares de laranja estão concentrados há vários anos no estado de São Paulo. Não obstante, mudanças significativas ocorreram em algumas microrregiões produtoras tradicionais de laranja do estado. As áreas colhidas nas microrregiões de Araraquara, Mogi Mirim e Jaboticabal diminuíram substancialmente ao longo do período 1975–2015⁶. Parte dessa redução reflete a concorrência com o cultivo da cana-de-açúcar na região (Conab, 2011). Em contraste com a redução observada nessas microrregiões, outras, como as de Frutal e Uberlândia em Minas Gerais, experimentaram expansão significativa na área colhida com laranja.

A heveicultura, que até o final dos anos 1980 era realizada quase que exclusivamente em regiões da Amazônia e do sul da Bahia, experimentou uma importante transformação, passando a utilizar cada vez mais seringais plantados nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Esse deslocamento espacial da cultura foi motivado, em grande medida, pela incidência de doenças foliares, como o “mal das folhas” causado pelo fungo *Microcyclus ulei* nos seringais nativos (Gasparotto; Pereira, 2012).

Outro fator que contribuiu para a perda de importância dos seringais nativos e, conseqüentemente, para a mudança geográfica do cultivo foi a redução dos preços do-

⁵ Não obstante a moderada redução na área colhida com laranja no Cerrado, a produção não foi afetada negativamente graças a ganhos de produtividade.

⁶ Em relação ao município de Araraquara, a redução foi de 114.299 ha em 1990 para 43.506 ha em 2015. No caso de Jaboticabal e Mogi Mirim, as quedas registradas nesse período foram, respectivamente, de 128.416 ha para 22.388 ha e de 71.250 ha para 28.101 ha (IBGE, 2018).

Tabela 2. Área colhida (hectares) com culturas permanentes nas microrregiões do Cerrado no período 1975–2015.

Cultura	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Café	256.815	374.755	413.390	469.224	287.598	338.479	341.612	355.801	364.513
Laranja	160.472	242.283	308.147	429.127	372.440	352.850	334.577	342.894	284.485
Banana	37.336	48.016	69.909	59.956	57.222	57.294	52.471	57.777	60.148
Borracha/Seringueira	-	-	208	2.714	14.251	23.914	31.065	26.092	36.089
Limão	5.864	7.908	11.916	14.478	14.235	18.234	18.164	14.214	15.037
Manga	8.387	8.179	10.816	13.618	12.249	15.645	14.067	14.742	13.098
Castanha de caju	-	-	-	59.130	39.584	16.649	19.590	23.054	12.087
Tangerina	5.317	6.883	10.460	8.265	8.365	8.969	9.385	6.835	5.601
Coco-da-baía	993	1.069	1.242	1.430	2.204	2.931	6.831	6.468	5.152
Abacate	4.462	4.837	6.502	6.763	3.962	3.005	4.073	3.705	4.208
Goiaba	-	-	-	1.870	2.442	3.747	4.164	3.002	4.042
Mamão	390	418	508	471	947	2.345	3.421	3.302	3.543
Maracujá	-	-	-	820	3.115	5.027	4.366	3.235	3.005
Palmito	-	-	3	-	-	1.120	1.775	1.954	1.691
Urucum	-	-	-	867	484	1.096	1.231	966	817
Noz	1	-	123	3	-	90	76	680	793
Uva	154	71	233	341	496	910	894	625	747
Caqui	7	23	56	19	37	179	236	154	318
Pêssego	111	97	161	208	443	444	418	436	253
Erva-mate	-	-	5	-	5	385	506	227	180
Figo	124	23	50	54	25	56	68	55	82
Maçã	129	829	666	423	202	140	24	61	67
Cacau	-	-	13	60	20	12	8	36	43
Marmelo	124	114	107	86	44	22	53	53	42
Pera	20	75	78	23	21	25	22	7	3
Pimenta-do-reino	97	146	1	21	25	-	2	4	-
Total Cerrado	480.803	695.726	834.594	1.069.971	820.416	853.568	849.099	866.379	816.044
Total Brasil	3.775.866	4.285.286	4.740.122	6.167.790	5.387.305	5.868.770	5.903.728	5.834.311	5.356.515

Fonte: IBGE (2018).

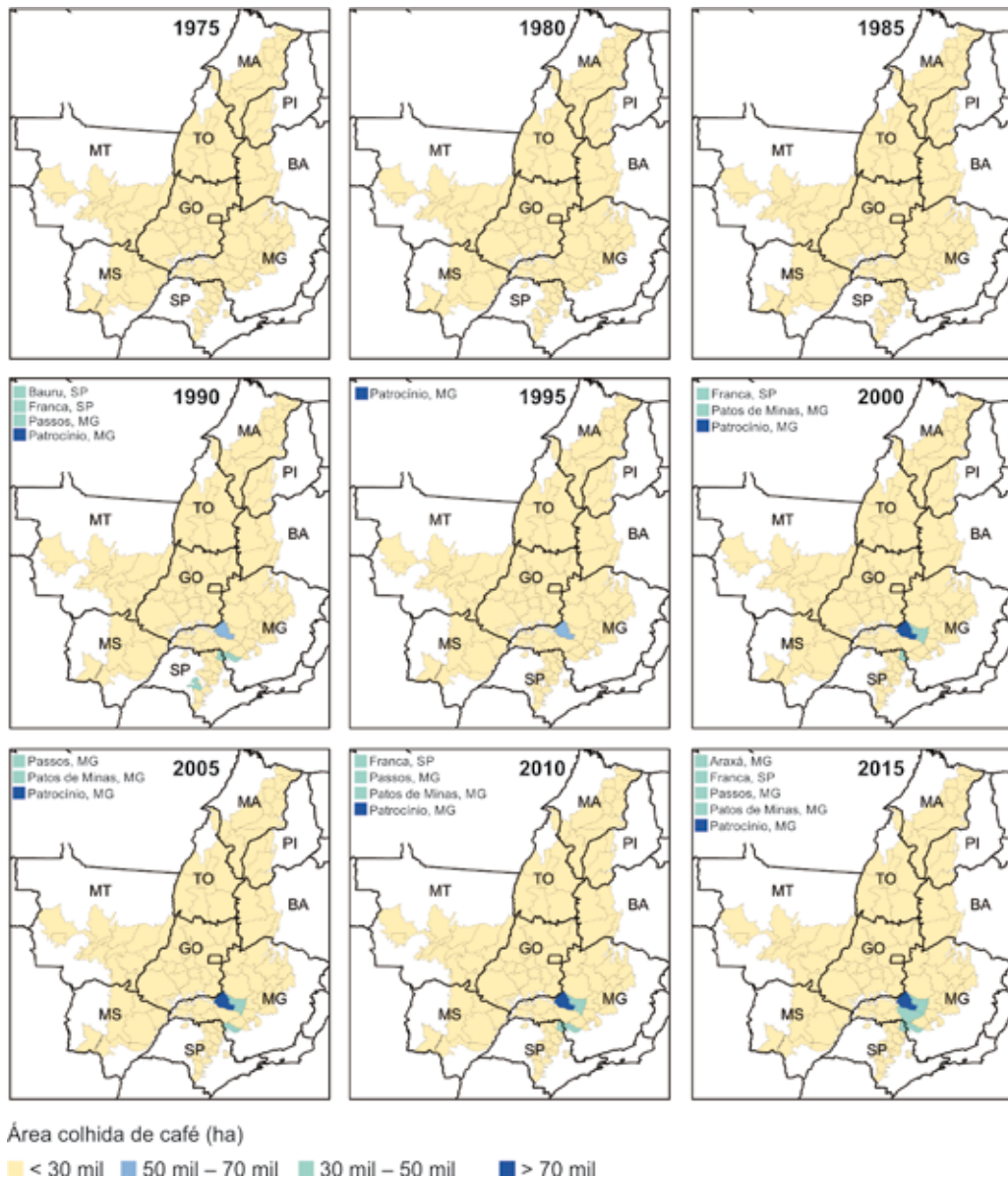


Figura 4. Dinâmica espaço-temporal da área colhida com café nas microrregiões do Cerrado no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

mésticos a partir de 1987 (Martin; Arruda, 1993). Para esses autores, com a entrada dos seringais plantados, os preços recebidos pelos seringueiros e pelas usinas de produção de borracha natural sofreram uma queda de mais de 50% em termos reais. Esse fato, aliado à baixa produtividade dos seringueiros da Amazônia, diminuiu a remuneração dos produtores, levando-os a abandonar as suas atividades extrativas. Nesse quadro de transformações, a participação da área colhida dos seringais cultivados no Cerrado passou de aproximadamente 1% do total nacional em 1985 para 25% em 2015.

Em relação aos cultivos de limão e manga no Cerrado, a participação da área colhida com esses dois produtos vis-à-vis no total nacional no período 1975–2015 situou-se entre 30% e 41%. A contribuição da manga foi de 20% a 30%. No caso da banana, a área colhida no Cerrado foi a terceira mais expressiva em termos absolutos, porém, em comparação com o observado em todo o território nacional, a participação foi relativamente menor do que a do limão e da manga. Não obstante, o Cerrado respondeu por aproximadamente 12% da área total colhida com banana no Brasil ao longo do período 1975–2015.

O Cerrado e a expansão do rebanho bovino

O Cerrado também tem desempenhado um papel importante na expansão da pecuária bovina brasileira. O rebanho nacional aumentou 110% no período 1975–2015, passando de aproximadamente 103 milhões para 215 milhões de cabeças. A bovino-cultura no Cerrado seguiu uma trajetória similar, expandindo 120% no mesmo período (aumento de 35 milhões de cabeças para 76 milhões de cabeças). Em 1975, o bioma respondeu por 34% do efetivo bovino nacional. Essa participação cresceu até 1993 quando atingiu o pico de 41%. Após aquele ano, ela diminuiu gradualmente, porém, estabilizou-se em um nível relativamente elevado no período 2005–2015, ou seja, em torno de 35% (Figura 5).

A expansão da pecuária bovina no Cerrado passou por duas fases distintas durante as quatro últimas décadas. Na primeira, entre 1975 e 1993, o rebanho expandiu a uma taxa média anual de crescimento de 3,5%. Em contraste com esse desempenho, no restante do Brasil, o crescimento do efetivo bovino foi relativamente menor naquele período (1,8% ao ano). Posteriormente, na segunda fase (1994–2015), outra situação foi observada, isto é, a taxa média anual de crescimento do efetivo bovino no Cerrado (0,95%) foi menor do que a registrada nas demais regiões do País (2,27%).

Os elementos explicativos para o desempenho apresentado pelo Cerrado no período 1975–1993 incluem: os elevados investimentos realizados pelo governo em infraestrutura de transporte ligando o Centro-Oeste a centros dinâmicos no Sul e Sudeste do Brasil; a maior disponibilidade de novas tecnologias desenvolvidas por instituições de pesquisa; e programas de desenvolvimento regional como o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer) e o Programa para o Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro). O Polocentro foi

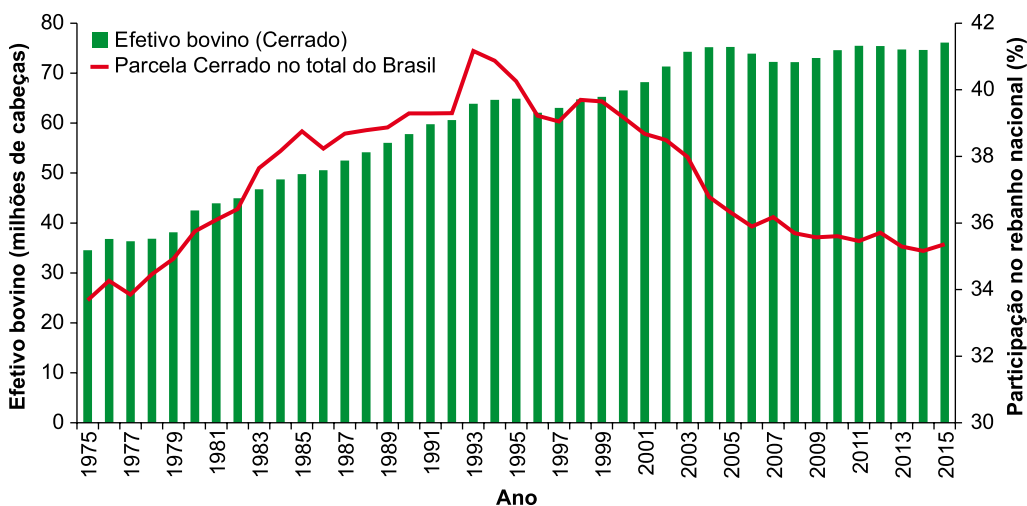


Figura 5. Efetivo bovino e participação do Cerrado no rebanho bovino brasileiro em porcentagem e no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

responsável pela incorporação de 2,4 milhões de hectares à agricultura do Cerrado nos cinco primeiros anos de sua execução, sendo parte dessa área utilizada para a pecuária (Silva, 1989).

A crescente demanda doméstica e internacional por produtos agropecuários juntamente com a disponibilidade de terras baratas e políticas públicas, como o crédito rural subsidiado, a política de preços mínimos e a quase isenção total do imposto de renda que incidia sobre o setor (Binswanger, 1991), também favoreceram a ampliação de atividades pecuárias e agrícolas no Cerrado.

Um fator adicional que influenciou o desenvolvimento da pecuária bovina no Cerrado nas décadas de 1970 e 1980 foi a elevada volatilidade financeira observada no Brasil naquele período. As elevadas taxas de inflação e os efeitos negativos dos seguidos planos econômicos adotados pelo governo provocaram, entre outros resultados, uma fuga de investimentos no mercado financeiro em direção a ativos reais. Nesse sentido, incentivaram a criação extensiva de bovinos em pastagem, promovendo a adoção de uma atividade com baixo risco de produção e de preços e alta liquidez do ativo (Barioni et al., 2003). Em outras palavras, naquele período, a pecuária era encarada como reserva de valor em vez de uma atividade cujos resultados econômicos incentivassem o seu aprimoramento. Dessa forma, a sua expansão nos anos 1970 e 1980 ocorreu principalmente via incorporação de novas áreas.

Entre 1975 e 1996, a área com pastagem plantada registrou um aumento de aproximadamente 31 milhões de hectares para acomodar o crescimento do rebanho bovino no Cerrado (Mueller; Martha Júnior, 2008). Para esses autores, a bovinocultura teve um

impacto maior sobre a abertura de novas áreas do que o segmento de lavouras, embora não se possa negar o efeito indutor indireto de lavouras dinâmicas como a soja.

Esse quadro favorável à expansão da pecuária bovina (assim como ao cultivo de culturas temporárias) modificou-se no período 1994–2015, dando lugar à segunda fase vivida pela pecuária brasileira. O contexto enfrentado pela agricultura nacional mudou significativamente a partir do final dos anos 1990 por causa de vários fatores como a adoção do regime de câmbio flutuante (Muller; Martha Júnior, 2008). Além desse elemento, a nova situação incluiu também um ambiente caracterizado por baixas taxas de inflação, preços internacionais de commodities agrícolas relativamente mais elevados, uma marcada tendência de queda do preço real da arroba do boi gordo durante o período 2000–2005 e aumento crescente dos custos de produção da pecuária ao longo do período 1990–2004. Como consequência desse novo contexto, a rentabilidade por unidade de área de cultivos, como a soja, o milho, o algodão e a cana-de-açúcar, tornou-se, em termos gerais, superior à da pecuária bovina. Assim sendo, regiões de pecuária passaram a ceder espaço para culturas como as mencionadas anteriormente (Teixeira, 2014). Paralelamente a esse movimento de substituição de parte da pecuária por atividades agrícolas, observou-se também uma tendência de deslocamento da bovinocultura em direção ao Norte do Brasil.

Alguns autores têm analisado esse deslocamento espacial da pecuária para o Norte do País. Por exemplo, para Bowman et al. (2012), uma indicação de que esse fenômeno vem ocorrendo é que, enquanto o efetivo bovino brasileiro cresceu apenas 36% no período 1990–2007, o rebanho na Amazônia expandiu 169%. Uma segunda ilustração dessa dinâmica espacial é a apresentada por Sousa (2017). Segundo esse autor, no período 1975–1985, o número de municípios que exerciam a atividade pecuária na região Norte do Brasil se limitava a alguns poucos situados na área de influência das rodovias Belém-Brasília e da BR-158, que liga Altamira, PA a Santana do Livramento, RS. Para Sousa (2017), atualmente esse número é substancialmente maior – inclui vários municípios situados no arco do desmatamento da Amazônia, no norte do Pará e em direção ao estado de Roraima. Com base na análise de dados estatísticos e espaciais, o autor corrobora que as pastagens e o rebanho bovino estão se movendo de forma concomitante em direção à região Norte.

Como complementação aos elementos anteriores, pode-se assinalar que uma indicação adicional do deslocamento da pecuária bovina para o Norte do Brasil é que, durante o período 1975–2015, a taxa anual média de crescimento do efetivo bovino em São Félix do Xingu, PA (29%), microrregião com o maior número de bovinos no País, em Aripuanã, MT (19%), em Ji-Paraná, RO (12%), em Porto Velho, RO (15%), em Colíder, MT (11%), em Alta Floresta, MT (15%), em Altamira, PA (15%) e em Cacoal, RO (14%) superou largamente a do Brasil (2%). Em 2015, o rebanho bovino dessas oito microrregiões respondeu por 10% do efetivo bovino do Brasil.

O Cerrado e a expansão do rebanho avícola

O rebanho avícola no Brasil cresceu cerca de 430% entre 1975 e 2015. No Cerrado, a expansão observada foi de 570% no mesmo período. Em 1975, o efetivo no Cerrado era de 50 milhões de aves (Figura 6). Quatro décadas mais tarde, esse número atingiu um pouco mais de 300 milhões (IBGE, 2018). As principais microrregiões produtoras no Cerrado são Alto Teles Pires, MT, Uberlândia, MG, Sudoeste de Goiás, GO, Brasília, DF e Divinópolis, MG. Destaque particular é dado para a microrregião de Alto Teles Pires, MT, onde o seu rebanho avícola cresceu mais de 1.500 vezes, alcançando 28 milhões de aves em 2015. De fato, essa região se consolidou como uma das que apresentaram maior dinâmica agrícola no Brasil, sendo também importante produtora de soja e algodão.

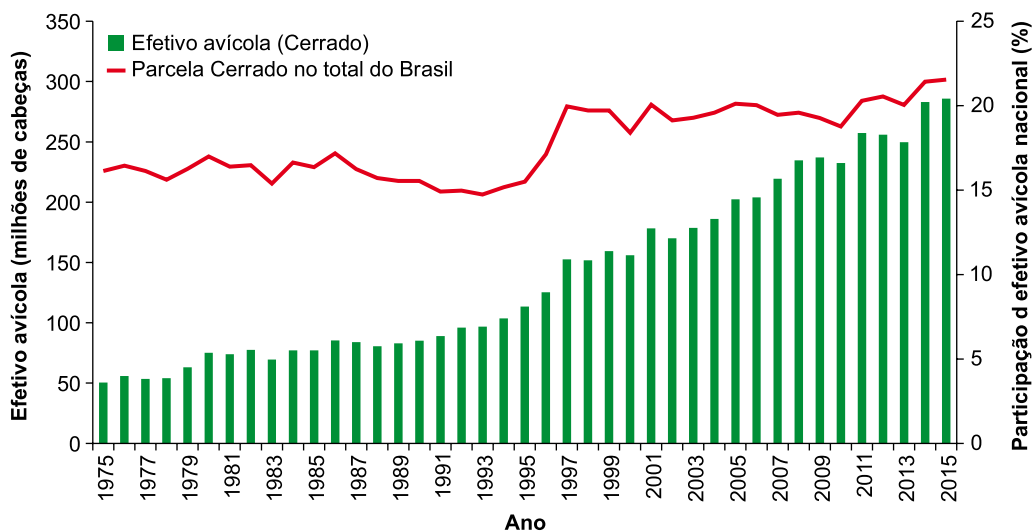


Figura 6. Efetivo avícola e participação do Cerrado no rebanho avícola brasileiro em porcentagem, no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

O principal motivo para a expansão da avicultura no Cerrado, especialmente em algumas regiões do Mato Grosso, foi a instalação de estabelecimentos avícolas próximos a áreas produtoras de milho e farelo de soja, insumos básicos dessa atividade (Oyamada, 2010; De Zen et al., 2014; Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2015). Os maiores desafios para a expansão da avicultura nessa região incluem a contratação de mão de obra com experiência, o que pode ser superado com investimentos em granjas cada vez mais automatizadas (De Zen et al., 2014).

Nos anos 1960 e 1970, a microrregião de Alto Teles Pires passou a ser a mais avançada na criação de aves do País, com sucessivos ganhos de produtividade (Lazzari, 2004). Isso foi alcançado com base na adoção de um modelo de integração e na introdução

de um pacote tecnológico procedente da região Sul, sobretudo do sudoeste catariense. Também contribuíram para esse resultado o fato de as granjas localizadas na região Sul dependerem, em boa medida, de grãos provenientes do Centro-Oeste e enfrentarem custos da terra e de mão de obra relativamente mais elevados (Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2015).

De acordo com Cenci e Talamini (2006), a região Centro-Oeste apresenta maiores vantagens comparativas em avicultura do que a região Sul. Dessa forma, atrai maiores investimentos para o setor e, conseqüentemente, gera maior número de empregos e renda. Essa vantagem decorre, sobretudo, das condições de oferta de grãos na parte central do País, que se traduz em menores custos de produção. Contudo, como assinalaram esses autores, a avicultura tem crescido também na região Sul, embora a taxas menores.

O Cerrado e a expansão do rebanho suíno

O rebanho suinícola cresceu de maneira mais moderada no Cerrado quando comparado com o desempenho apresentado pela avicultura. Ainda assim, avançou de forma mais significativa do que no restante do Brasil. Enquanto no País o crescimento entre 1975 e 2015 foi de apenas 6%, no Cerrado esse aumento foi de 21% (Figura 7). Embora a expansão do rebanho suíno tenha sido relativamente menor do que a do avícola nas quatro décadas analisadas, a produção nacional de carne suína aumentou 460% no mesmo período (Estados Unidos, 2018). Entre outros elementos, esse desempenho resultou de avanços em produtividade obtidos por meio da introdução de animais híbridos a partir da década de 1970, da utilização de melhores práticas de manejo e de programas de genética, nutrição e bem-estar animal (Embrapa, 2018).

A suinocultura industrial no Cerrado teve início no sul do Mato Grosso (município de Rondonópolis) na década de 1990, quando as primeiras granjas tecnificadas foram construídas. O objetivo inicial era agregar valor aos grãos produzidos na região, contudo, somente a partir de 1996, com a regulamentação do Programa Granja de Qualidade, foi que a criação de suínos passou a ter maior desenvolvimento (Rural Centro, 2010). De fato, de acordo com Anunciato e Paz (2016), a implantação do Programa Granja de Qualidade em Mato Grosso, aliada à disponibilidade de matéria-prima para a fabricação de ração, proporcionou um ambiente de negócios favoráveis ao desenvolvimento da suinocultura. A consolidação do setor ocorreu em virtude da necessidade de expansão dos frigoríficos do Sul, que buscavam áreas para expandir as suas capacidades produtivas e encontraram, no Cerrado, não apenas a oferta de matéria-prima, mas também uma base de empreendedores rurais capazes de viabilizar os projetos de integração⁷ (Mapeamento..., 2016).

⁷ Em 2000, a Perdigão lançou o projeto Buriti em Rio Verde, GO. Em 2007, a Sadia desenvolveu um projeto de integração em Lucas do Rio Verde, MT.

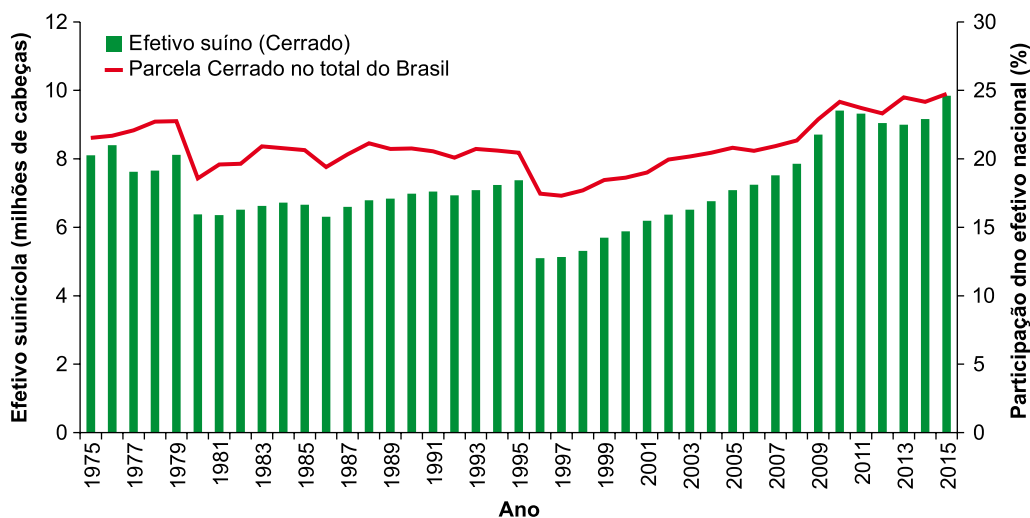


Figura 7. Efetivo suínico e participação do Cerrado no rebanho brasileiro de suínos em porcentagem, no período 1975–2015.

Fonte: IBGE (2018).

Desde o final da década de 2000, vários municípios mato-grossenses, como Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Tapurah, Campo Novo do Parecis, Sapezal, Vera, Campo Verde, Primavera do Leste, Sorriso, Campos de Júlio, Itiquira, Trivelato e Tangará da Serra, têm se destacado na produção de milho e soja. Como resultado, o interesse de empresas vinculadas à suinocultura em se instalar nesse estado tem aumentado substancialmente (Rural Centro, 2010).

A suinocultura do Centro-Oeste e do Sudeste, regiões que possuem várias microrregiões localizadas no Cerrado, diferencia-se daquela do Sul pelo tamanho e pelo modelo operacional empregado. Em geral, os produtores do Sul operam com granjas integradas ou cooperadas. Por sua vez, em Minas Gerais, há forte prevalência de granjas independentes e, no Centro-Oeste, há predomínio de produtores integrados à agroindústria. Nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, estão concentradas granjas com mais de 1.000 matrizes. Embora no Mato Grosso um terço das granjas tenha capacidade de até 200 matrizes, em volume, representa apenas 3% do total do estado (Mapeamento..., 2016).

A recente abertura de mercados internacionais para a carne suína de Santa Catarina, que alcançou o status de zona livre de febre aftosa sem vacinação, deverá gerar benefícios para a carne suína produzida em outras regiões, especialmente no Cerrado. A carne suína catarinense deverá ser cada vez mais direcionada para o mercado externo e, por essa razão, a demanda interna deverá ser suprida por outras regiões (Machado, 2018).

As projeções de crescimento dos países emergentes apontam para o aumento da demanda por carnes. Mundialmente, a carne suína é a mais consumida. A previsão é que o seu consumo per capita alcance 35,5 kg/ano até 2024, um incremento de

4,7% em comparação com 2014. No Brasil, embora o consumo per capita ainda seja baixo (15 kg/ano), também há uma tendência de crescimento (Mapeamento..., 2016). Esses fatores poderão se configurar como uma oportunidade para o Brasil. Contudo, para aumentar a participação nacional nas exportações globais de carne suína, o País precisará elevar o seu status sanitário, participar ativamente da definição de regras internacionais e firmar acordos visando derrubar barreiras tarifárias e/ou não tarifárias (Botelho et al., 2018).

Além disso, assim como em grande parte das atividades agropecuárias, na suinocultura, as novas tecnologias e ferramentas de gestão surgem em intervalos de tempo cada vez menores, portanto, agravam os desafios de escassez e qualificação da mão de obra. Associado a isso, os principais desafios do setor são as crescentes exigências dos consumidores com o bem-estar animal e a sustentabilidade ambiental (Embrapa, 2018).

Considerações finais

Projeções indicam que o crescimento populacional e da renda irá aumentar a demanda global por alimentos em 35%, até 2030 (em comparação ao período 2005–2007). Além disso, haverá um crescimento da demanda por energia em 40% e por água em 50%. O aumento da renda implica ainda mudanças nos padrões de consumo, com expansão da demanda por carne, frutas e vegetais, bem como aumento da demanda por produtos mais elaborados.

É esperado que o Brasil, como um dos principais produtores e exportadores de commodities agrícolas, e as regiões que compõem o Cerrado, como principais produtoras nacionais de grãos e carnes, tenham um papel fundamental nesse processo. Em termos de valor da produção, as culturas temporárias dessas regiões alcançam 40% do total nacional e as permanentes, com menor importância relativa, alcançam cerca de 5%.

Em relação à produção de carnes no Cerrado, embora o rebanho bovino da região tenha crescido continuamente desde a década de 1970, a parcela no total nacional atingiu seu pico em meados da década de 1990 e desde então passou a cair. Com a implantação do Plano Real, a pecuária perdeu sua relevância como reserva de valor utilizada para minimizar os impactos da inflação e passou a ceder espaço para culturas com maior rentabilidade, como soja, milho e algodão. Além disso, a pecuária vem, ano a ano, se expandindo para outras regiões, sobretudo para a região Norte, onde predomina o bioma Amazônia. No caso da suinocultura e avicultura, a região observou ampliação desses setores em razão principalmente da proximidade da produção de insumos básicos, como milho e farelo de soja.

Nesse contexto, o desafio para a agricultura da região será continuar aumentando a produção sem, contudo, expandir para novas áreas. Cada vez mais será preciso imprimir ações de intensificação e sustentabilidade ao processo produtivo no Cerrado. Além disso, torna-se indispensável a adoção de ações de redução de perdas e desperdício em todo o processo de produção de alimentos.

Referências

- ANUNCIATO, K. M.; PAZ, N. L. Panorama da cadeia produtiva da suinocultura no estado de Mato Grosso. **Revista de Estudos Sociais**, v. 18, n. 36, 2016.
- BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; RAMOS, A. K.; VILELA, L. Palavra-chave: gestão. **Revista Cultivar Bovinos**, v. 1, n. 3, 2003.
- BINSWANGER, H. P. Brazilian policies that encourage deforestation in the Amazon. **World Development**, v. 19, n. 79, 1991. DOI: 10.1016/0305-750X(91)90135-5.
- BOTELHO, L. G.; MAFFEI, L. S.; NUNES, L. P.; MARTINS, M. S.; KRUG, F. D. M.; SCHMITT, C. I. **Novas perspectivas para a cadeia produtiva de suínos**. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/5AK4sKVn5er0yjh_2017-7-27-8-4-11.pdf> Acesso em: 7 ago. 2018.
- BOWMAN, M. S.; SOARES FILHO, B. S.; MERRY, F. D.; NEPSTAD, D. C.; RODRIGUES, H.; ALMEIDA, O. T. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. **Land Use Policy**, v. 29, n. 3, July 2012. DOI: 10.1016/j.landusepol.2011.09.009.
- CENCI, V.; TALAMINI, E. Perspectivas e prospectivas da avicultura nas regiões Sul e Centro-oeste: uma análise baseada nas vantagens comparativas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sober, 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/494.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2018.
- CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira**: Laranja: safra 2011/2012. Terceiro levantamento. Brasília, DF, 2011.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Evolução da avicultura no Brasil. **Ativos Avicultura**, Ano 1, edição 1, maio 2015. Disponível em: <<http://www.cnabrasil.org.br/boletins/ativos-avicultura-evolucao-da-avicultura-no-brasil-maio-2015>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- CORREA, V. H. C. **O desenvolvimento e a expansão recente da produção agropecuária no Centro-Oeste**. 2013. 355 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- DE ZEN, S.; IGUMA, M. D.; ORTELAN, C. B.; SANTOS, V. H. S.; FELLI, C. B. Evolução da avicultura no Brasil. **Informativo Cepea**, Ano 1, edição 1, 2014.
- DUARTE, J. de O. **Cultivo do sorgo**: mercado e comercialização, a produção de sorgo granífero no Brasil. set. 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491926/4/Mercadocomercializacao.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- EMBRAPA. **Tendências em sinicultura**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/tendencias/suinos>>. Acesso em: 7 ago. 2018.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **PSD Online**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 1 Nov. 2018.
- FAO. **Commodities price volatility in the 2000s**. Unpacking financialisation. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/meetings/price_volatility/Commodities_Price_Volatility_in_the_2000s_Unpacking_financialisation.pdf>. Acesso em: 26 Feb. 2019.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. **Doenças da seringueira no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 255 p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 25 jun. 2018.
- IBGE. **Culturas temporárias e Culturas permanentes**. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/en/estrutura/natjur-estrutura/natureza-juridica-2003-1/16-vamos-contar/vamoscontar-atividades/ensino-medio/16625-culturas-temporarias-e-culturas-permanentes.html>> Acesso em: 15 out. 2019.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz**: I. Sistema Barreirão. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1991. 20 p. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 33).

LAZZARI, M. R. Avicultura de corte no Brasil: uma comparação entre as regiões Sul e Centro Oeste. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 31, n. 4, p. 259-290, fev. 2004.

MACHADO, J. S. **Produção de suínos no Centro-Oeste brasileiro ganha força**. Disponível em: <<https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/producao-de-suinos-no-centro-oeste-brasileiro-ganha-forca/20110124-142530-t397>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

MAPEAMENTO da suinocultura brasileira. Brasília, DF: ABCS, 2016. 186 p.

MARTIN, N. B.; ARRUDA, S. T. Produção brasileira de borracha natural: situação atual e perspectivas. **Informações Econômicas**, v. 23, n. 9, p. 9-55, set. 1993.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

OYAMADA, G. C. **Dinâmica, aprendizado e competitividade do agronegócio nas microrregiões Alto Teles Pires, Primavera do Leste e Sinop, em Mato Grosso**: o caso da soja, do algodão e da madeira. 2010. 172 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. Disponível em: <http://www.ufmt.br/ufmt/site/userfiles/file/adr/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Disserta%C3%A7%C3%A3o_GracielaCristine.PDF>. Acesso em: 22 maio 2018.

PELEGRINI, D. F.; SIMÕES, J. C. Evolução, problemas e desempenho da cafeicultura de Minas Gerais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Sober, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/816.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2018.

PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P.; CASTRO, E. da M. Arroz de Terras altas: uma inovação que adequou o produto tropical às expectativas do mercado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RURAL CENTRO. **Região sul do Mato Grosso é o berço da suinocultura**. 9 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.ruralcentro.com.br/noticias/regiao-sul-do-mato-grosso-e-berco-da-suinocultura-26242>>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVA, E. R. A. **A política de preços uniformes do óleo diesel e suas implicações no avanço da fronteira agrícola**. Brasília, DF: Iplan/Ipea, 1989. (Textos para discussão, 18).

SOUSA, S. B. de; **Dinâmica territorial e padrões espaciais da pecuária brasileira**. Tese. 2017. 182 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

TEIXEIRA, J. C. A trajetória da pecuária bovina brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, v. 1, jan./jul. 2014.

TSUNECHIRO, A.; MARIANO, R. M.; MARTINS, V. A. Produção e preços de sorgo no Estado de São Paulo, 1991-2001. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 15-24, 2002. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v1n01p%25p.

Capítulo 3

O papel das políticas públicas no Cerrado¹

Elísio Contini

Geraldo Bueno Martha Júnior

José Garcia Gasques

Pedro Abel Vieira Junior

Introdução

Políticas públicas são concebidas e implementadas para atender a anseios da sociedade. Quando o foco está na melhoria do bem-estar da população, nas abordagens de crescimento econômico ou em uma melhor distribuição de renda ou assistência a grupos menos favorecidos, as políticas públicas são normalmente aceitas por teóricos de desenvolvimento, formuladores de políticas e população em geral. Implicam algum grau de intervenção governamental, seja por créditos aos favorecidos, transferência de recursos via programas, seja por leis e outros instrumentos de regulação. As políticas agrícolas para o desenvolvimento do Cerrado enquadram-se também nessas concepções.

A teoria econômica, desde seus primórdios, vem discutindo a eficácia de o governo fazer intervenções no domínio econômico. O pioneiro Smith (2010) posicionou-se contra essas intervenções, uma vez que estas causam distorções na alocação de recursos e nem sempre contribuem para o desenvolvimento. As exceções são os chamados bens públicos, incluindo-se a educação, a defesa, a saúde, a pesquisa, a ordem pública e a política macroeconômica (Alves et al., 1991).

Existe, todavia, contraponto ao argumento. Nesse caso, observa-se que na economia há importantes falhas de mercado – em informações, externalidades, bens públicos e retornos crescentes à escala – que demandam intervenção governamental. Depreende-se dos modelos de Arrow e Debreu que os mercados imperfeitos e incompletos na economia real não são exceções, mas a regra, justificando-se, assim, intervenções de governos para corrigir tais falhas (Stiglitz, 1989).

Outra escola de pensamento econômico argumenta que ações de governo nem sempre corrigem falhas de mercado, antes, tendem a aumentá-las. O fracasso do pla-

¹ Os autores agradecem à valiosa revisão do jornalista Renato Cruz Silva e o apoio de Vania de Cassia Arantes Hugo, ambos integrantes da equipe da Embrapa.

nejamento central das economias socialistas é um exemplo contundente. Nas economias de mercado, essa escola aponta os grupos de interesse e o comportamento das burocracias (Krueger, 1990). Segundo essa teoria, os governos são mais suscetíveis a problemas de informações imperfeitas e mercados incompletos do que o setor privado. Adicionalmente, intervenções fortes favorecem a corrupção, elevam os custos e os desperdícios, quando não raro obras e programas são descontinuados. Stiglitz (1989) ainda pontuou que os impactos dos incentivos governamentais na sociedade não produzem necessariamente os efeitos desejados porque falta competição entre departamentos e organizações públicas.

Ressalte-se, também, que não raro as políticas públicas são monitoradas e avaliadas de modo incompleto. Sem definição clara dos objetivos das políticas e dos indicadores mais adequados para avaliá-las, parcial e integralmente, fica difícil propor ajustes de rumos e ter uma perspectiva mais ampla dos seus impactos (positivos, neutros e negativos) para a sociedade (Martha Júnior; Soares, 2017). Na conquista do Cerrado para a produção agropecuária, as intervenções governamentais ocorreram em diversas vertentes, particularmente na política agrícola, por meio de programas regionais de desenvolvimento. Do ponto de vista da teoria econômica, como justificar essas intervenções?

O bioma Cerrado abrange uma vasta região do País, com 23% de sua área geográfica. Até os anos 1970, as atividades agropecuárias de maior intensidade tecnológica ocorriam em bolsões próximos às regiões Sudeste e Sul, como o Triângulo Mineiro e o Sudoeste Goiano. A pecuária com baixo nível de adoção tecnológica era a estratégia usual para a ocupação da terra: situação típica de regiões de fronteira operando com baixo custo de oportunidade e, assim, inviabilizando alternativas econômicas mais exigentes em aportes de capital (Mueller; Martha Júnior, 2008).

Não obstante, os solos do Cerrado, ainda que ácidos e de baixa fertilidade química (Sousa; Lobato, 2002), apresentavam boa estrutura física, ocorrência em relevo favorável à mecanização e reservas de calcário e fósforo importantes na região para uma estratégia de desenvolvimento regional a partir da agricultura. As mudanças tecnológicas, como aquelas geradas e difundidas pela Embrapa e por outras organizações de ensino e pesquisa, detinham potencial para influenciar a expansão de frentes agropecuárias. Os recursos financeiros e os riscos envolvidos para essa etapa inicial de desenvolvimento sinalizavam que as forças de mercado, sozinhas, não teriam condições de iniciar a exploração dessa vasta região. O apoio governamental e as políticas públicas contribuiriam, assim, para que frentes de atividades econômicas se expandissem na fronteira, influenciando positivamente a ocupação e o adensamento de atividades agropecuárias no Cerrado (Mueller; Martha Júnior, 2008).

Questionamentos às políticas e aos programas de desenvolvimento no Cerrado não se referiam à implementação de uma infraestrutura mínima de acesso à terra, como estradas, mas sobre a prática de subsídios financeiros ao crédito agrícola e aos programas específicos de desenvolvimento regional. Em contrapartida, havia recursos potenciais para a produção não explorada, caracterizando um caso típico de fa-

Ihas de mercado. Portanto, havia uma justificativa econômica para ações mais diretas do poder público, com o objetivo de transformar recursos improdutivos em fontes de emprego e renda em uma estratégia mais ampla de desenvolvimento regional.

Este capítulo visa analisar algumas das estratégias governamentais para o Cerrado. Essas intervenções consubstanciaram-se em formas de políticas públicas, classificadas em políticas gerais (construção de Brasília, estabelecimento de infraestrutura, logística e de transporte, entre outros), políticas agrícolas válidas para o Brasil como um todo e políticas específicas para a região do Cerrado, como os programas Polo-centro e Prodecer. Encerra-se o capítulo com um olhar para o futuro.

O papel da agropecuária na conquista do Cerrado

Até a década de 1980, o Cerrado era um grande vazio demográfico. Segundo estimativas de Goedert (1989), cerca de metade dos 207 milhões de hectares, ou seja, ao redor de 100 milhões de hectares, seriam de terras potencialmente aráveis. O clima tropical, com amplitude moderada de temperaturas durante o ano e um regime pluviométrico definido, com um período de chuvas e outro de seca, sinalizava que a agropecuária, com tecnologia, podia ser uma opção viável para impulsionar o desenvolvimento regional. O grande desafio naquela época eram os solos do Cerrado, de baixa fertilidade química e de alta acidez.

Nas extensas áreas potencialmente agricultáveis do Cerrado, dominava a atividade pecuária, atividade tradicionalmente ligada à ocupação de regiões de fronteira. A conjuntura durante o período de ocupação do Cerrado estimulou um modelo de pecuária apoiado na utilização intensa do fator terra e dos recursos naturais (extrativismo) em detrimento da intensificação no uso de capital. Desse modo, naquele período, boi e terra foram encarados como reserva de capital em vez de uma atividade cuja remuneração econômica pela produção estimulasse seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, por meio de investimentos crescentes em tecnologia moderna (Martha Júnior et al., 2007).

O movimento para a ocupação da fronteira, no entanto, em geral não ocorre em um vazio político-econômico; existem forças de atração na região de destino e/ou de repulsão na região de origem dos migrantes. O governo promoveu incentivos para a ocupação do Cerrado, como a disponibilidade de terras baratas e mecanizáveis que ofereciam oportunidades novas frente ao esgotamento das fronteiras no Sul (Rio Grande do Sul e oeste do Paraná) e no Sudeste. A escassez na disponibilidade de terras e seu elevado preço nessas regiões exerceram papel fundamental para a decisão de muitas famílias, inclusive de pequenos produtores, mas com experiência na produção de grãos, de migrarem para o Centro-Oeste, em busca de um “Eldorado”. Desse modo, ainda que contando com os incentivos das políticas públicas, a decisão de ocupar o Cerrado, em última análise, foi uma decisão privada dos agentes econômicos.

Exemplificando, em todos os censos agropecuários de 1970 a 1995, os estabelecimentos rurais com menos de 10 ha, no Rio Grande do Sul, representavam 40% do número dos estabelecimentos, mas ocupavam apenas 10% em área. Os estabelecimentos maiores de 100 ha não chegavam a 2% do total dos estabelecimentos, reforçando o argumento de escassez de terra e a consequente pressão por migração (Mantelli, 2006). Essa estrutura agrária, em boa medida, refletia a subdivisão das glebas ao longo do tempo em virtude das partilhas por herança.

Wagner (2011) retratou a saga dos gaúchos em terras de novas fronteiras, sob o título de *O Brasil de Bombachas*. Na década de 1970, iniciou-se uma grande migração de gaúchos, rumo aos estados do Centro-Oeste, em busca de terras, principalmente para o plantio de grãos. Os ricos depoimentos de pioneiros destacaram o sonho de agricultores em busca de dias melhores para suas famílias. Com eles, levaram tradições e valores, como o chimarrão e o Centro de Tradições Gaúchas (CTG). As novas gerações buscam aprimorar o árduo trabalho dos pioneiros, com maior aplicação de tecnologia e também de diversificação. Os incentivos na região de fronteira, como preços de terras competitivos, combinados com as políticas de desenvolvimento regional (discutidas na próxima seção), foram necessários para estimular agricultores, em sua maioria sulistas, a migrarem. Paralelamente, o aumento da demanda por grãos nas esferas nacional e internacional estimulava os produtores daquelas regiões a buscarem novas oportunidades produtivas na fronteira agrícola.

Os dados da Tabela 1 ilustram a diferença entre os preços reais de vendas de terras para lavouras para regiões tradicionais de agricultura (Rio Grande do Sul e Paraná) e para regiões de fronteira (Mato Grosso e Goiás), no período de junho de 1977 a dezembro de 2012².

Nas regiões de agricultura tradicional no Sul do País, os preços reais por hectare de lavoura mantiveram-se praticamente estáveis entre 1977 e 2012. Na região de fronteira (Goiás e Mato Grosso), os preços reais da terra aumentaram entre 2,5 a 3 vezes no período. Em junho de 1977, o valor de venda da terra no Rio Grande do Sul foi de R\$ 12.657,00 e, em dezembro de 2012, de R\$ 11.866,00, isto é, uma queda de 6,2% no período. Na média para Mato Grosso, os preços da terra evoluíram de R\$ 3.295,00 por hectare em 1977 para R\$ 9.898,00 por hectare em 2012. O valor das terras para lavoura triplicou no período. A relação de preços de terra no Rio Grande do Sul e no Mato Grosso, que era de 3,84 em 1977, passou para 1,20 em 2012. A relação de preços da terra nos estados de Rio Grande do Sul e Goiás no início do período era de 2,7, no final do período é de apenas 1,04. O patamar do diferencial de preços entre o Paraná frente ao Mato Grosso, que, no início do período era de 6, passou a ser de 2,2 em 2012.

² Os dados são da Fundação Getúlio Vargas e os valores foram corrigidos pelo índice geral de preços – disponibilidade interna (IGP-DI) para valores reais de 2016. Na análise, excluíram-se os dados de janeiro de 2000 por causa da queda acentuada nos preços, provavelmente decorrente de ajustes de mercado em ativos, como o valor da terra (Fundação Getúlio Vargas, 2017).

Tabela 1. Preços em reais (R\$) por hectare, de terra para lavouras em estados⁽¹⁾ selecionados e relação de preços entre os estados do Rio Grande do Sul e de Mato Grosso (RS/MT) e entre os estados do Paraná e de Mato Grosso (PR/MT).

Mês/Ano	RS	PR	MT	GO	RS/MT	PR/MT
Junho/1977	12.657	19.810	3.295	4.698	3,69	6,01
Junho/1980	9.095	16.053	4.260	6.113	2,13	3,77
Junho/1990	10.215	14.556	2.554	5.618	4,00	5,70
Junho/2000	5.654	7.935	1.881	3.566	3,00	4,22
Junho/2010	13.124	17.712	8.594	9.759	1,53	2,07
Dezembro/2012	11.866	21.879	9.898	11.401	1,20	2,21

⁽¹⁾ Rio Grande do Sul (RS); Paraná (PR); Mato Grosso (MT); Goiás (GO).

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (2017).

Em um espaço de tempo relativamente curto, de 35 anos, a diferença de preços entre áreas tradicionais de agricultura e regiões de fronteira diminuiu acentuadamente. Ao longo do período, as quedas na razão de preços entre regiões tradicionais e de fronteira variaram entre -54% e -70% (Lima Filho et al., 2016). Assim, com a consolidação da ocupação nas regiões de fronteira em Mato Grosso e Goiás, houve maior adensamento econômico, contribuindo para um substancial aumento nos preços da terra da região de fronteira, os quais passaram a convergir com os valores registrados em regiões estabelecidas há mais tempo. Ou seja, aqueles produtores que migraram para a região de fronteira no início do período obtiveram ganhos econômicos com a valorização do patrimônio terra.

No agregado do Brasil, os preços de terras de pastagem e lavoura seguiram comportamento semelhante. O pico de preços registrado em meados dos anos 1980 deu suporte à argumentação do uso da terra como reserva de capital. Com o Plano Real, em meados da década de 1990, houve um claro movimento de queda nos preços reais da terra. Entretanto, com o avanço da agricultura a partir de 2000, particularmente da soja, constatou-se consistente movimento de apreciação nos preços reais de terras de pastagens e lavouras. Em contrapartida, nas regiões tradicionais e no final do período, os preços eram semelhantes aos observados no início do período analisado.

Em uma análise mais detalhada, entre 1977 e 2012, a região Centro-Oeste apresentou taxas positivas no preço de terras de pastagens (0,41% a.a.) e de lavouras (0,96% a.a.). O estado com maior aumento foi o Mato Grosso, com apreciação de 1,22% a.a. para terras de pastagens e 2,42% a.a. para terras de lavouras. No período mais recente, de 2000 a 2012, os preços de terras de pastagens e de lavouras para o Brasil como um todo aumentou em 6,3% a.a. Para o Centro-Oeste, o aumento nos preços de terras foi maior: 8,2% a.a. para terras de pastagens e 9,2% a.a. para terras de lavouras (Fundação Getúlio Vargas, 2017). Esse período corresponde ao boom da soja e ao crescimento da safrinha, principalmente com milho.

Políticas gerais que impactaram a ocupação do Cerrado

Construção de Brasília

A mudança da capital federal do Rio de Janeiro para Brasília era uma aspiração antiga. A primeira iniciativa oficial data de 1891 com a Comissão Exploradora do Plano Central, conhecida também como Missão Cruzeiro. Porém, a primeira ação significativa de ocupação do Centro-Oeste ocorreu na década de 1930 durante o governo de Getúlio Vargas com a “Marcha para o Oeste”. O objetivo do governo era povoar e desenvolver o interior do País, incentivando a migração por meio da construção de escolas, hospitais, estradas, ferrovias e aeroportos no interior. A construção de Goiânia foi também resultado desse movimento (Correa et al., 1988).

Outro passo importante para a localização de uma nova capital federal no interior do Brasil foi dado na Constituição de 1946, em que se determinou a necessidade de realizar estudos a esse respeito. Em 1955, Juscelino Kubitschek elegeu-se presidente da República, com uma ideologia modernizante e nacionalista. Sua gestão norteou-se pelo “Plano de Metas”, com o lema “cinquenta anos em cinco”, incluindo prioridades para a instalação da indústria automobilística, incentivos à produção de aço, construção de hidroelétricas e uma síntese das obras: a construção de Brasília. Coube ao seu governo, em 1960, a concretização da transferência da capital federal do Rio de Janeiro para o interior do Brasil, Brasília, a qual se transformou em polo de desenvolvimento, atraindo trabalhadores de outras regiões do Brasil e melhorando a precária infraestrutura física e social.

A construção de Brasília teve forte impacto no desenvolvimento do Centro-Oeste e, conseqüentemente, na ocupação do Cerrado. Realmente, um fato marcante, apoiando a transformação da mentalidade, no País e no exterior, sobre o potencial de uma agricultura baseada em ciência nos trópicos. A mudança da capital federal para o interior do País foi uma importante força-motriz para a implantação de uma infraestrutura logística mínima, sendo a principal as estradas conectando a região de Brasília com o Sudeste do País.

Com a criação de Brasília em 1960, instalaram-se agentes de desenvolvimento agrícola na região, destacando-se o Ministério da Agricultura, bancos de fomento, representações de classe defendendo o interesse de agricultores, agentes de assistência rural e organizações de ensino e pesquisa. Um marco foi a criação do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Embrapa Cerrados), que, com o apoio de outras Unidades da Embrapa e de outras organizações de ensino e pesquisa no País e no exterior, promoveu o estratégico avanço do conhecimento sobre os recursos naturais do Cerrado, sua conservação e seu aproveitamento econômico.

Nas últimas duas décadas, o adensamento econômico e social promovido por Brasília e pelas cidades de médio e grande porte que se estabeleceram na região Centro-Oeste tem contribuído para uma demanda mais estável por produtos agropecuários.

Entre 1960 e 2013, a população da região Centro-Oeste aumentou quase seis vezes, atingindo mais de 18 milhões de habitantes. Brasília já conta com 3 milhões de habitantes e Goiânia, 1,5 milhão de habitantes (IBGE, 2018).

O dinamismo econômico apoiado pelos avanços tecnológicos e a consequente competitividade das cadeias produtivas agropecuárias brasileiras no Cerrado têm alavancado o crescimento do produto interno bruto (PIB) per capita e do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) na região a taxas elevadas, mesmo no âmbito de uma conjuntura econômica nacional pouco favorável (Mueller; Martha Júnior, 2008).

Políticas macroeconômicas

A modernização da agricultura brasileira tem suas origens na política de substituição das importações adotada entre as décadas de 1950–1960 até meados de 1980. Esse período foi marcado por um acelerado crescimento da população, da sua renda per capita e da taxa de urbanização, o que acabou por impor uma forte e sustentada demanda ao setor agrícola (Alves et al., 2008; Pereira et al., 2012; Martha Júnior; Alves, 2018).

O crescente custo de oportunidade do trabalho no campo e os sustentados fluxos de migração das áreas rurais para as cidades determinaram, adicionalmente, ambiente favorável para o crescimento e modernização da agricultura brasileira (Alves; Pastore, 1978; Baer, 2008). Naquela época, uma série de vantagens foi dada ao setor industrial, com forte discriminação à agricultura. Em última análise, o poder migrou do meio rural para as cidades, transformando o Brasil em uma sociedade progressivamente urbana (Dias; Amaral, 2000).

Diversos mecanismos de política econômica (múltiplas taxas de câmbio, controle do câmbio, taxação de produtos agrícolas e promoção das importações de bens de capital para apoiar a indústria emergente no País, dentre outros) fizeram parte da estratégia de substituição das importações. Tais ações foram complementadas por investimentos volumosos em energia, em infraestrutura de transporte e em infraestrutura urbana (Alves; Pastore, 1978; Gremaud et al., 2004; Baer, 2008; Martha Júnior; Alves, 2018). Nos anos 1960 e 1970, programas de desenvolvimento do Cerrado passaram a fazer parte das políticas públicas do País. Nos anos 1970, a criação e o fortalecimento do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), tendo como marco a criação da Embrapa, em 1973, impulsionaram uma estratégia nacional de geração e adoção de conhecimentos e tecnologias ancorados em uma agricultura baseada em ciência para os trópicos.

Durante muitas décadas, a taxação sobre exportações agrícolas, em particular sobre o café e o açúcar, e, mais recentemente, a “política de comida barata” na dimensão doméstica, para manter os salários industriais sob controle (Alves; Pastore, 1978; Lopes; Lopes, 2010), não permitiram uma maior projeção do Brasil no comércio agrícola mundial. Mesmo sob essas condições, a resultante expansão da produção agropecuária a taxas ainda maiores do que a expressiva expansão da demanda doméstica

gerou excedentes para exportação, paulatinamente mais diversificada. Essas exportações, por sua vez, foram essenciais para financiar a importação de tecnologia e bens de capital para a indústria emergente, durante o processo de industrialização do País.

Uma das principais formas de compensação aos produtores rurais, introduzida pelo governo, foi o crédito rural, com o objetivo de modernizar a agricultura brasileira via maior absorção de tecnologias modernas. Martha Júnior e Alves (2018) estimaram que o crédito rural no Brasil (em Reais de 2016) foi, em média, de R\$ 154,53 bilhões por ano, de 1969 a 1985; de R\$ 76,40 bilhões por ano, de 1986 a 2000; e de R\$ 113,60 bilhões por ano, de 2001 a 2015. Em que pese os recursos para o crédito rural, é importante ressaltar que o nível total de incentivos à agricultura brasileira é historicamente baixo comparado aos patamares praticados em outros países.

Tomando-se como exemplo a métrica da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a “estimativa de suporte ao produtor” (PSE – do inglês, *producer support estimate*), observa-se que os produtores rurais brasileiros receberam, em média, apenas 1,6% da receita bruta em incentivos, em âmbito de propriedade, no período de 1995 a 2014. Os valores correspondentes de PSE para os Estados Unidos e para a Europa, no mesmo período, foram de 13,5% e de 28,3% das receitas brutas, respectivamente³. Lopes e Lopes (2010) estimaram que as distorções contra a agricultura tiveram seu maior impacto em meados dos anos 1970, sendo minimizadas a partir de 1994 com a estabilização macroeconômica que acompanhou o Plano Real. Entretanto, mesmo na segunda metade da década de 1990, o indicador PSE para o Brasil ainda se mostrava negativo, sinalizando a transferência líquida de recursos da agricultura para outros setores, marcadamente para a indústria.

A volatilidade no câmbio, como resultado do desequilíbrio nas contas públicas ou como instrumento para auxiliar no controle da inflação, tem historicamente sido fonte de incertezas e riscos à tomada de decisão e aos negócios. Entretanto, de modo mais amplo, o governo tem mostrado alguma atenção aos problemas de capacidade de pagamento dos agricultores e à garantia mínima de renda. Por exemplo, como o Plano Real não corrigiu os preços mínimos pela mesma taxa com que foram ajustadas as dívidas de crédito, o governo foi obrigado a alongar o pagamento das obrigações dos agricultores por meio de um programa chamado de “Securitização”. Complementada pela correção de câmbio em 1999, estes dois instrumentos macroeconômicos (controle da inflação e correção do câmbio) criaram condições para o Brasil capitalizar os investimentos feitos em uma agricultura baseada em ciência nas décadas anteriores e se tornar um dos principais exportadores agrícolas do mundo no século 21.

³ Dados disponíveis em: <<https://www.oecd.org/tad/agricultural-policies/producerandconsumersupportestimatesdatabase.htm>>.

Ressalte-se que essa privilegiada condição de um dos principais países exportadores na agropecuária ocorreu sem comprometimento do abastecimento no mercado interno. Cálculos de Martha Júnior e Alves (2018) mostraram que a disponibilidade per capita de grãos e oleaginosas (exemplo: milho, arroz, feijão, trigo e soja) para a população brasileira saltou de 214 kg per capita, em 1950, para 368 kg per capita, em 1990, e expressivos 867 kg per capita em 2016.

Além da “Securitização” por ocasião da implementação do Plano Real, os pagamentos de crédito rural foram prorrogados em outras situações, por exemplo, em razão de problemas climáticos, como secas. Para a agricultura de pequena escala, como a agricultura familiar, foram criados programas específicos, com destaque para o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) para apoio à produção e inclusão nos mercados. Em anos recentes, os agricultores pobres tiveram a alternativa de serem incorporados a programas sociais, como o Bolsa Família. Outro fator importante para a garantia de renda aos mais velhos foi a aposentadoria rural, estabelecida a partir da Constituição Federal de 1988. Pequenos agricultores do Centro-Oeste, embora em minoria, beneficiaram-se também deste instrumento.

Políticas específicas para o Cerrado⁴

O período de 1950 a 1980 fortaleceu a concepção da importância dos territórios (regiões) para o desenvolvimento nacional. Dois teóricos tiveram importância na disseminação destas ideias, o americano Izard (1973) e o francês Perroux (1967). Particularmente nos anos 1970–1980, muitos cursos de desenvolvimento regional surgiram, inclusive no Brasil. Na política de desenvolvimento regional, os instrumentos utilizados, segundo Tolosa (1972 citado por Faria et al., 2010), têm sido: a) investimentos dos governos em infraestrutura; b) políticas de localização para o setor privado em áreas prioritárias; c) mobilidade dos fatores, principalmente mão de obra; d) divulgação para investidores sobre potenciais oportunidades.

Polocentro

O mais importante programa de desenvolvimento regional do Centro-Oeste foi o Polocentro (1975–1984). Criado no âmbito do II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975–1979), o objetivo geral do programa foi criar condições para a expansão da fronteira agrícola, tendo como principal instrumento o crédito rural com subsídios financeiros. Os investimentos em infraestrutura mínima (estradas, armazéns, etc.) atraíram agricultores de outras regiões: a taxa geométrica do crescimento da utilização de terras em Mato Grosso foi de 4,45% ao ano no período 1975–1980. Menciona-se também o papel fundamental que as instituições de pesquisa agropecuária, particularmente a Embrapa, tiveram em suprir a região com conhecimentos e tecnologias

⁴ O desafio mais premente para um desenvolvimento promissor do Cerrado referia-se à superação dos entraves de infraestrutura e logística.

inovadoras para a produção agropecuária. A expansão ocorreu principalmente na produção de grãos e carnes, criando uma agricultura pujante em áreas antes tidas como marginais para a produção (Faria et al., 2009).

A implementação do Polocentro teve início ainda em 1975 e foram alocados recursos para investimentos públicos até 1984, embora as últimas liberações de crédito ao produtor tenham ocorrido em 1982. A pesquisa e a extensão agropecuária foram provavelmente as áreas em que os dispêndios do Polocentro tiveram maior impacto original (Cunha; Mueller, 1988). A geração e a difusão de tecnologias agropecuárias no Sistema Embrapa-Emater, financiadas pelo Polocentro, foram fundamentais para a viabilização de uma agricultura moderna e produtiva no Cerrado. Cerca de 80% do número de projetos e 88,5% do montante financiado envolviam estabelecimentos com áreas superiores a 200 ha.

Outras estratégias, notadamente as ações privadas para a ocupação da região do Cerrado, tiveram impactos consideráveis sobre a expansão agropecuária no Mato Grosso, aumentando a influência do Polocentro. Segundo Cunha e Mueller (1988), no que se refere às características da expansão, estava prevista a incorporação à agropecuária de cerca de 3 milhões de hectares, dos quais 60% em lavouras e 40% em pecuária. Entretanto, a formação de pastagens respondeu por uma proporção bem mais elevada do incremento de área, alcançando 84% em Mato Grosso do Sul, 69,7% em Goiás e 42,4% em Mato Grosso. A expansão das lavouras teve a participação predominante da soja. Tomando-se os dados dos censos agropecuários de 1975 e de 1980, a soja foi a lavoura que teve o crescimento mais expressivo, passando de 81.719 ha em área colhida em 1975 para 519.579 ha em 1980 (Cunha; Mueller, 1988).

Prodecer

Buscando concretizar os princípios do Polocentro de apoiar a ocupação do Cerrado (Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), o presidente Ernesto Geisel negociou o Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (Prodecer), com capital brasileiro e japonês. Uma revisão recente sobre o assunto foi apresentada por Hosono et al. (2016).

O governo japonês, nessa parceria com o Brasil, visava ampliar a segurança alimentar da sua população. O lado brasileiro focava na ampliação do alcance das estratégias de desenvolvimento regional. A gestão do programa foi de responsabilidade da Companhia Brasileira de Promoção Agrícola (Campo). Em 1979, foram compradas terras para assentamento de agricultores nos municípios mineiros de Coromandel, Iraí de Minas, Guimarães, Nova Ponte e Unai. Em 1980, iniciou-se a implantação de projetos de assentamento de produtores. Os objetivos principais do programa foram: a) estimular o aumento da produção de alimentos para o mercado interno e para as exportações (com destaque para o Japão); b) contribuir para o desenvolvimento regional do Centro-Oeste; c) incorporar ao sistema produtivo a vasta região do Cerrado, naquela época, com baixa eficiência produtiva; d) viabilizar empreendimentos agrícolas de média dimensão para agricultores experientes do Sul e

Sudeste do Brasil, os quais tinham restrição de terras agricultáveis nas suas regiões de origem.

Os primeiros estudos de viabilidade técnica e econômica foram executados pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica). O agente financeiro para empréstimo aos agricultores foi o Banco do Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG). O estudo de viabilidade da Jica previa a participação de cooperativas nos projetos. Identificada como de “desempenho excelente”, a primeira selecionada foi a Cooperativa dos Suinocultores de Encantado (Rio Grande do Sul), que identificou 19 colonos gaúchos que se juntaram a outros sete paulistas e mineiros para constituir o Projeto de Iraí de Minas. O programa teve três fases (Tabela 2) e foi encerrado em 2002. A infraestrutura pública, principalmente estradas, foi a parte mais difícil de execução, de responsabilidade dos governos estaduais.

Tabela 2. Realizações do Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (Prodecer) e seus impactos.

Especificação	Prodecer 1	Prodecer 2	Prodecer 3	Total
Municípios	3	17	2	22
Produtores	133	545	80	758
Cooperativas	3	12	2	17
Área (mil ha)	64,3	205,7	80	350
Investimentos (US\$ – milhões)	60	375	138	573
Produção 2015 (mil t)	120,2	396,6	133,4	650,2
Empregos (mil)	13	45	2	60
Impostos Ano (US\$ – milhões)	5,4	12,2	5	22,6

Fonte: Campo Consultoria e Agronegócios (2019).

Além desses programas, foram instituídos outros programas de desenvolvimento regional. Como observaram Cunha e Mueller (1988), muitos deles não visavam, especificamente, a agropecuária, mas previam melhorias de infraestrutura e o desenvolvimento regional. Os principais programas foram: a) Programa Especial de Desenvolvimento do Pantanal (Prodepan); b) Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Dourados (Prodegran); c) Programa Especial da Região Geoeconômica de Brasília (Geoeconômica); d) Programa de Polos Agropecuários e Minerais da Amazônia (Polamazônia); e) Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (Polonoroeste).

O que chamou atenção foi a adequada concepção do projeto de ocupação do Cerrado pelo Prodecer. Os objetivos dos dois governos (brasileiro e japonês) eram complementares, portanto, existia vontade política de ambas as partes. O Brasil dispunha de terras ociosas e marginais a serem ocupadas e buscava maior geração de emprego

e renda no campo. O Japão tinha recursos financeiros para apoiar essa iniciativa, ao tempo que buscava ampliar a oferta de alimentos no mercado internacional e, com isso, reduzir a volatilidade de preços.

Note-se, também, que, com essa estratégia, evitou-se o caminho de desapropriação de terras no tradicional modelo de reforma agrária, bandeira populista de gastos exorbitantes e resultados pífios. O foco central foi em mecanismos de mercado associados à compra de terras de particulares. O financiamento aos agricultores para a compra de terras (350 ha) também foi delegado ao BDMG.

O papel do governo federal foi importante para a concepção do modelo, a criação de infraestrutura mínima, o fornecimento de financiamento para a compra de terras, o custeio das safras e investimentos. Destaque-se, também, a crescente oferta de bens públicos (conhecimento e tecnologias gerados pela pesquisa agropecuária) disponibilizada no entorno regional. Entretanto, não bastava apenas ter disponibilidade de conhecimento e tecnologias para a ocupação produtiva da agropecuária no Cerrado, era preciso promover a sua transferência de forma eficaz. Assim, a Campo, além de promover a gestão dos projetos, engajou-se nas ações de assistência técnica. Por fim, mas não menos importante, o recrutamento de agricultores experientes de regiões tradicionais do País, com experiência em agricultura, complementou a estratégia.

Colonização pública

Cunha e Mueller (1988) mostraram que, entre 1970 e 1986, foram criados no Centro-Oeste (incluindo Rondônia) 25 projetos de colonização, com uma área total de 4,3 milhões de hectares e capacidade de assentar 35.426 famílias. O rápido aumento do influxo de migrantes provocou invasões de áreas fora dos projetos integrados de colonização (PICs)⁵, forçando o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) a criar projetos de assentamento rápido. Esses projetos surgiram para regularizar ocupações e aliviar a pressão criada pela procura de terras baratas ou desocupadas. O Incra respondeu criando 15 projetos de assentamento rápido com uma área total de 2,5 milhões de hectares e capacidade de assentar 27.205 “parceleiros”. Rondônia foi a unidade federativa com maior número de projetos públicos de colonização e assentamento rápido (em 1986, representavam 80% da área total com projetos de colonização).

A colonização oficial do governo, por intermédio do Incra, continua com seus projetos de assentamento, mas com avaliações fragmentadas. Em alguns desses projetos de assentamento, o órgão governamental assumiu total responsabilidade no assentamento, incluindo infraestrutura, assistência técnica e financeira aos colonos. Em outra modalidade, o Incra apenas demarcou e titulou as terras (Projeto de Assentamento e Projeto de Assentamento Rápido).

⁵ Projeto de Colonização Oficial, geralmente implantado em grandes extensões de área, envolveu significativo número de famílias, requerendo ações integradas entre as três instâncias governamentais (federal, estadual e municipal).

O objetivo do governo com tais projetos era que os assentados fossem inseridos aos sistemas produtivos. Entretanto, em muitos desses projetos, tal consolidação não ocorreu, levando à desistência de muitos dos assentados. De certa forma, e por uma ótica agregada, a falta de experiência e aptidão para a agropecuária identificada em diversas situações levou a um fraco desempenho e a resultados insatisfatórios.

Colonização privada

A partir de 1975, particularmente em Mato Grosso, o governo alterou parte de sua estratégia de ocupação e desenvolvimento regional ao incentivar a colonização privada, por meio da venda de grandes extensões de terra a empresas não governamentais, encarregadas da colonização. Em sua grande maioria, os projetos localizaram-se na confluência de estradas e rodovias, como a BR-163. Os novos instrumentos concentravam linhas de crédito e incentivos fiscais, e inúmeras empresas participaram desse processo de colonização, algumas com experiência no norte do Paraná. Embora houvesse ocupação de “grileiros” e ocupações de terras indígenas, com desmatamento acelerado, a colonização privada dirigiu-se precipuamente para os chapadões areníticos do Cerrado, formando grandes fazendas.

Exemplificando, Teixeira (2006) analisou a Gleba Celeste no norte de Mato Grosso, adquirida no início dos anos 1970 pela empresa de Ênio Pipino (Sinop), com área de quase 200 mil hectares (e mais 370 mil hectares em 1976), localizada próxima ao km 500 da rodovia Cuiabá-Santarém (áreas atualmente localizadas nos municípios de Vera, Cláudia, Santa Carmem e Sinop). Inicialmente foi instalada estrutura física e realizada a venda dos primeiros lotes. Os agricultores foram incentivados a comprar terras e se instalarem na região. A experiência mostrava que os potenciais compradores seriam agricultores com experiência em agricultura. Contudo, o desafio nessas áreas de fronteira era a inexistência de mercados para os seus produtos. Assim, a colonizadora criou a “Cooperativa Agrícola Mista Celeste” (com 1% do valor da venda das terras) e contratou técnicos para transferir conhecimentos e tecnologias aos produtores vindos principalmente do Sul e do Sudeste do País.

Em razão da experiência prévia dos agricultores (em grande parte do Paraná e de São Paulo), a organização da colonização propôs a produção de café, entretanto, esta cultura não se adaptou bem à região. Além das características tropicais, a falta de infraestrutura e fertilizantes foi apontada como fator para o insucesso. Outras culturas, como o algodão, o milho e o arroz, também foram tentadas, mas, novamente, a falta de insumos modernos limitou o tamanho do sucesso da iniciativa.

Em uma nova tentativa, em 1976, o governo aprovou projeto para a produção de álcool a partir da mandioca, com meta de produção de 150 mil litros ao dia. O objetivo principal era criar condições para o estabelecimento da agricultura de pequenos produtores (evitando a migração reversa para a região de origem) e o suprimento da região com combustível. Contudo, esse projeto também não prosperou, sendo abandonado posteriormente. Enquanto a produção agrícola experimentava os desafios com sucesso limitado, a exploração madeireira avançava de maneira muito positiva.

Em retrospectiva, percebe-se que os primeiros anos, inevitavelmente, focaram em vencer os desafios do desconhecido. Mas, aos poucos, com disponibilidade de conhecimentos e tecnologias para uma agropecuária avançada, com insumos modernos (sementes adaptadas à condição regional, corretivos, fertilizantes, agroquímicos), com vastas áreas de terras mecanizáveis, com maquinário adequado e com condição climática adequada, a região de Sinop, MT, bem como outras no Cerrado, floresceu. Esses polos dinâmicos de agricultura na região do Cerrado não apenas têm contribuído com parcela crescente da produção (e exportação) agropecuária, mas têm também demonstrado melhoras significativas nos IDHs (Mueller; Martha Júnior, 2008).

Questão ambiental

O meio ambiente, sua preservação e a relação com atividades econômicas, com a produção agropecuária em particular, são temas incorporados às prioridades da sociedade brasileira e global na atualidade. Cabem, aqui, duas observações. Por um lado, críticas sobre “focos” de desmatamento e má conservação ambiental, associada ou não a deficiências na fiscalização de órgãos governamentais, certamente são verdadeiras e refletem casos que precisam ser apurados com mais rigor. Tais situações tendem a atrair grande atenção da mídia e organizações não governamentais no Brasil e no exterior. Por outro lado, observa-se que o Brasil é hoje uma potência agrícola que vem sustentando sua agricultura com um grau de moderado a baixo de antropização de seus biomas. Tal constatação reflete um criterioso trabalho – “Projeto Probio”, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente –, que contou com amplo apoio de outras organizações como a Embrapa. De acordo com essas avaliações, ano-base 2009–2012, os graus de antropização nos biomas Amazônia, Pantanal, Caatinga, Cerrado, Pampa e Mata Atlântica eram de 20%, 17%, 47%, 49%, 64% e 78%, respectivamente.

Esses níveis relativamente baixos de antropização refletem o desenvolvimento de tecnologias para a produção agropecuária em ambiente tropical que determinaram ganhos consistentes em produtividade nas últimas décadas (Martha Júnior; Alves 2018). Deve-se ter em mente, todavia, que as análises do grau de antropização em escala de bioma, embora imprescindíveis, são insuficientes para explicar os impactos que ocorrem em nível regional e local. Exemplificando, apesar de cerca de mais de 50% do Cerrado permanecer não antropizado, em partes do sul desse bioma, a cobertura vegetal natural situa-se entre 13% e 30% e não forma áreas contínuas expressivas (Sano et al., 2008).

Ademais, cabe observar que a legislação ambiental brasileira é uma das mais restritivas do mundo. Após intenso debate na sociedade e no Congresso Nacional, foi aprovada a Lei nº 12.561/2012 (Brasil, 2012a) e a Medida Provisória (MP) nº 571/2012 (Brasil, 2012b), com o objetivo de estabelecer parâmetros legais de convívio pacífico entre exigências do meio ambiente e produção agropecuária. O Código Florestal estabelece, dentre outros, que são áreas de preservação permanente (APPs): a) os cursos de água, nascentes e olhos d’água perenes, com porcentuais menores para

propriedade de menor tamanho, com o objetivo de viabilizar pequenos produtores; b) áreas de reserva legal (RL), determinadas em termos de porcentagem da área total da propriedade e com percentuais específicos para cada um dos seis biomas brasileiros. As porções do Cerrado que se encontram na Amazônia Legal devem apresentar percentual de RL de 35%. Nas demais áreas do Cerrado, o percentual de RL exigido por lei é de 20%. A legislação estabelece que as RLs podem ser compensadas no mesmo bioma. Nos estados em que seu território tenha mais de 65% em unidades de conservação (UCs), o percentual de RL pode cair para até 50% (Fundação Getúlio Vargas, 2017).

O Código Florestal estabeleceu também o Programa de Regularização Ambiental (PRA), composto de três elementos fundamentais: a) o Cadastro Ambiental Rural (CAR); b) o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (Prada); c) o Termo de Compromisso (TC). O CAR, coordenado inicialmente pelo Ministério do Meio Ambiente e atualmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), é um registro público declaratório e obrigatório para todas as propriedades rurais. O não cumprimento por parte do proprietário acarreta multas e restrições em benefícios tais como o crédito rural. Recente compilação de dados do CAR por parte da Embrapa (Miranda, 2017) demonstrou que o percentual de áreas declaradas pelos proprietários como de preservação representa 20,5% do território brasileiro. No Centro-Oeste⁶, enquanto as áreas protegidas em termos de UCs e terras indígenas somam 14%, as áreas preservadas nas propriedades rurais atingem 33% do território da região. Somando-se os dois percentuais, chega-se a quase metade da área da região (49%) de preservação, percentual muito superior ao exigido pelo Código Florestal.

O Prada é o programa pelo qual o proprietário, por meio de um projeto técnico, define o que fará para regularizar áreas desmatadas, transformando-as em APPs ou RLs (antes de 22 de julho de 2008). O TC é o documento a ser assinado pelo produtor, comprometendo-se a regularizar suas APPs e RLs (Lima; Munhoz, 2016).

Os produtores rurais têm se empenhado para cumprir com as exigências ambientais. De acordo com a página eletrônica do Serviço Florestal Brasileiro, em 19 de fevereiro de 2018, 96,5% das áreas ambientais rurais do Centro-Oeste, equivalente a 125,3 milhões de hectares, já estavam cadastradas no CAR. A partir de julho de 2018, os produtores rurais foram obrigados a inserir os limites das suas propriedades no CAR para fins de acesso ao crédito.

Observa-se, também, que as exigências da legislação ambiental no País determinam custos aos produtores rurais que podem ir além daqueles da burocracia, no caso de necessidade de reflorestamento em áreas de RL ou APP. Entretanto, o produtor nada recebe por esse serviço ambiental prestado à sociedade. O trabalho de Campos e Bacha (2013) calculou o custo privado da RL. Os autores encontraram que, caso o

⁶ Não estão computados os dados de Mato Grosso do Sul.

produtor rural tivesse que ser compensado financeiramente pela RL, o preço que ele deveria receber seria de 3% a 6,7% a mais para as culturas da cana-de-açúcar, milho e soja, e de 4% a 15% a mais para o cultivo de laranja. Nesse contexto, não é raro observar pressões internacionais de cunho ambiental, em particular da Europa, à produção e exportação agropecuária brasileira. A resposta de empresas exportadoras de soja, a partir de 2006, foi o compromisso de não comercializar nem financiar produtos provenientes de áreas desmatadas da Amazônia. Esta moratória foi liderada pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) e pela Associação Brasileira dos Exportadores de Cereais (Anec).

No caso específico da ocupação do Centro-Oeste e, em especial, de Mato Grosso, nem sempre o convívio entre os objetivos de aumento da produção e a conservação do meio ambiente tem sido pacífico. Pontos de vista diferentes entre órgãos governamentais têm levado a atritos frequentes quando se trata de licenciamentos ambientais. Por exemplo, a construção da rodovia BR-163, que liga Cuiabá à Santarém – essencial para o escoamento da produção de Mato Grosso –, sofreu atraso de vários anos por causa da demora voluntária por parte do Ministério de Meio Ambiente em conceder a licença ambiental.

Políticas agrícolas

Há uma vasta literatura sobre o histórico e a avaliação das políticas agrícolas no Brasil. As políticas, sua eficácia na implementação, e seus resultados têm variado muito no decorrer dos últimos 60 anos. Isso se deve às oscilações no ambiente macroeconômico e político brasileiro e mundial no período. As políticas agrícolas para o Brasil também beneficiaram o desenvolvimento da região do Cerrado. Dentre estas políticas, destacam-se a dos preços mínimos e a do crédito rural. Outras políticas públicas, listadas na Figura 1, impactaram o desenvolvimento agrícola do Cerrado, mas não são abordadas no presente capítulo.

Por ocasião dos 150 anos do Mapa, a *Revista de Política Agrícola* publicou uma série de artigos comemorativos ao evento. Numa revisão abrangente sobre a política agrícola, Mueller (2010) identificou três principais períodos no desenvolvimento recente da agropecuária brasileira: 1) de 1860 até o final da Segunda Guerra Mundial, em que predominaram o café, o açúcar e o algodão; 2) de 1945 a 1994, com a fase da expansão horizontal da agricultura, via crescimento da fronteira agrícola, chamada pelo autor de “modernização conservadora”; e 3) após 1994, com políticas caracterizadas pela maior abertura da economia ao exterior e pela significativa reversão do intervencionismo. Os últimos dois períodos merecem atenção em razão de seus impactos sobre o Cerrado.

No período identificado pela “modernização conservadora”, o governo priorizou o complexo urbano-industrial e ajustes macroeconômicos, como o ajuste nas contas externas e no controle da inflação. À agricultura, reservou-se o papel de abastecer o mercado interno de alimentos, de insumos e contribuir para a geração de divisas.

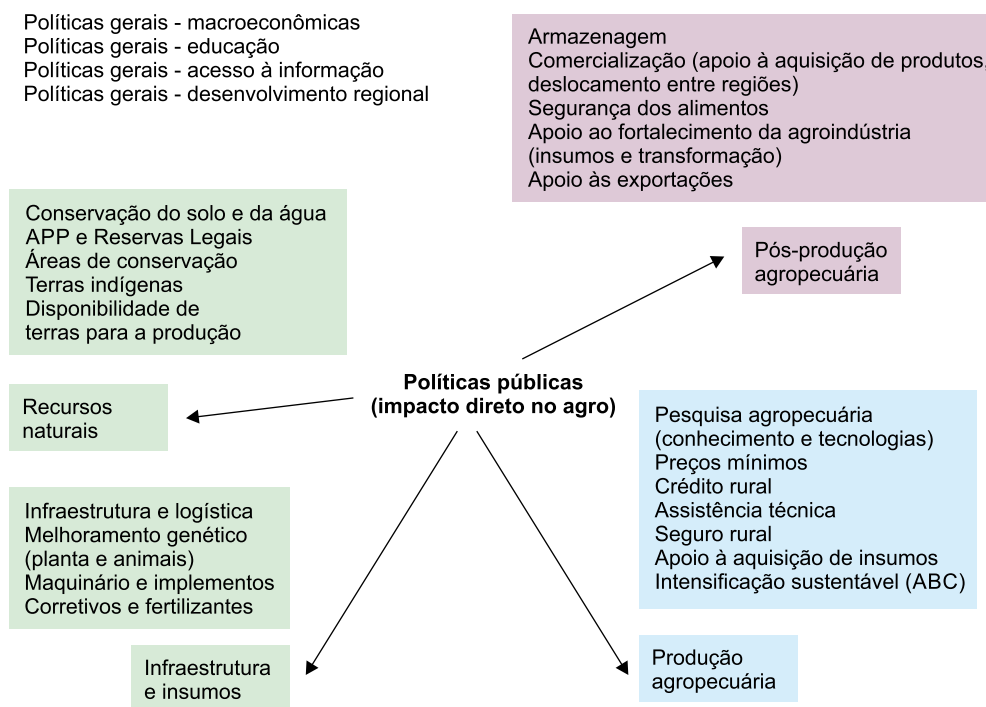


Figura 1. A dimensão das políticas públicas na cadeia produtiva agropecuária.

As políticas agrícolas visaram minimizar oscilações no ambiente de produção via crédito agrícola e políticas de preços mínimos. Na avaliação de Mueller (2010), enquanto a agropecuária tinha bom desempenho, a área econômica ignorava o setor. No caso de problemas no abastecimento, o setor ganhava evidência e medidas de políticas eram acionadas. Inovações institucionais no período foram a criação da Comissão de Financiamento da Produção (CFP), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do Sistema Nacional de Crédito Rural.

O Plano Real, em 1994, ao controlar a hiperinflação, modificou a situação econômica do País e teve grande impacto no desenvolvimento da agricultura. As políticas públicas para a agricultura passaram a ser menos intervencionistas, com redução dos subsídios financeiros ao crédito rural e diminuição dos estoques públicos de alimentos. A lógica era que, em uma economia mais aberta, era mais econômico importar produtos, em caso de falta.

Nos anos 1990, foram criados outros instrumentos mais modernos de apoio ao setor, como o Prêmio de Escoamento de Produtos e Contratos de Opções de Venda de Produtos Agrícolas. Ademais, com a Constituição Federal de 1988, os recursos alocados ao crédito rural do Sistema Nacional de Crédito Rural passaram a integrar o orçamento da União. Surgiram, assim, fontes alternativas de financiamento da produção: exigibilidades sobre depósitos à vista, Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), Banco

Nacional do Desenvolvimento (BNDES), fundos constitucionais do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, cadernetas de poupança e recursos privados dos próprios agricultores e de empresas de insumos e de comercialização agrícola. A agricultura familiar foi beneficiada pelo Pronaf, com taxas de juros mais reduzidas frente à praticada para médios e grandes produtores.

Lopes e Lopes (2010) e Martha Júnior e Alves (2018) reforçaram que as políticas agrícolas no Brasil, entre 1950 até os anos 1980, tinham um papel coadjuvante ao processo de industrialização do País. Dados da OCDE e das pesquisas de Lopes e Lopes (2010) sinalizaram transferências líquidas de recursos do setor agrícola para o restante da economia brasileira até os anos 1990. Lopes e Lopes (2010) apontaram as seguintes reformas positivas nas políticas agrícolas, após meados da década de 1990: a) diminuição de estoques reguladores; b) eliminação de empresas paraestatais e dos institutos de fomento (café, açúcar e trigo); c) fortalecimento dos investimentos em pesquisa agropecuária. O novo contexto macroeconômico e setorial (agricultura) do País levou ao aumento da competitividade do setor, tornando o Brasil um dos maiores exportadores de produtos agrícolas do mundo nas duas décadas seguintes.

Paralelamente, o Cerrado tornava-se uma das principais regiões produtoras de lavoura e pecuária no Brasil (Pereira et al., 2012). Cunha e Mueller (1988) destacaram que o ritmo de ocupação do Centro-Oeste e o seu desenvolvimento teriam sido menos intensos se não fosse a ação governamental por meio de diversas políticas e programas, como o assentamento de agricultores, o crédito orientado, a regularização fundiária, os incentivos fiscais e as políticas agrícolas favoráveis. Esses autores observaram que as ações do governo, além de imprimirem maior ritmo, deram forma ao processo de ocupação, destacando-se o crédito agrícola dos anos 1970 e programas especiais de desenvolvimento, como o Polocentro e o Prodecer.

Os investimentos em infraestrutura e logística no âmbito da política de integração nacional nos anos 1960 e 1970 foram estratégicos, pois criaram as condições para os produtores rurais acessarem insumos modernos a preços mais competitivos e, por sua vez, permitiram o escoamento da crescente produção agropecuária para os mercados doméstico e internacional (Martha Júnior; Alves, 2018). A ampliação da capacidade de armazenagem, capitaneada pela Comissão de Financiamento da Produção (CFP, atual Companhia Nacional de Abastecimento – Conab), foi outra política essencial à expansão agropecuária (Cunha; Mueller, 1988).

O conjunto de políticas que atuaram no desenvolvimento do Cerrado (Figura 1) foram incentivos importantes para a ocupação inicial, de elevado risco à iniciativa privada. Nesse processo, como previsto por Cochrane (1991), muitos produtores que não conseguiram acompanhar o fluxo de inovações e adotar as tecnologias mais transformadoras da produção foram marginalizados. Tal fato foi agravado pela queda acentuada nos preços reais dos alimentos, que implicava redução nos excedentes dos produtores rurais em benefício de maiores excedentes econômicos para os consumidores (Barros, 2010).

Alves et al. (2017) estudaram com profundidade a questão da concentração da renda, com base no Censo Agropecuário 2006. Dentre as regiões brasileiras, o Centro-Oeste destacou-se pela elevada concentração de renda bruta, com seus polos modernos de grãos e pecuária de corte. O número de pequenos produtores (agricultura familiar, menor do que 100 ha) é bem menor do que nas outras regiões, mas também com baixa remuneração: média de cinco salários mínimos por mês. Nas propriedades de mais de 100 ha, verificou-se uma renda bruta de 86 salários mínimos por mês. Quanto ao índice de Gini para a renda bruta, a região Centro-Oeste, com 0,82, está um pouco acima da média brasileira de 0,79. Ao final, não deixa de indicar alta concentração de renda, tanto no Brasil como um todo, como na região em estudo. O comportamento mais recente só poderá ser avaliado com os dados do Censo Agropecuário 2017 (cujos resultados finais serão disponibilizados a partir de julho de 2019).

Política de preços mínimos

A política de preços mínimos merece destaque pelo seu impacto positivo na indução da produção agropecuária em áreas de expansão de frentes comerciais em zonas de transição do Centro-Oeste. Os Programas de Aquisição de Alimentos (a partir de 2003)⁷ e de Escoamento da Produção (a partir de 2005)⁸ têm contribuído, adicionalmente, para a expansão de uma agricultura moderna no Cerrado.

Nos anos 1980, a comercialização de arroz e milho no Centro-Oeste era muito dependente da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM). O governo chegou a adquirir diretamente, na época da safra, quantidades significativas da produção. Em 1987, as aquisições governamentais representaram 66,7% da safra de arroz e 58,3% da safra de milho na região Centro-Oeste (Helfand, 2000). Entretanto, na década de 1990, a PGPM foi drasticamente alterada. Reduziu-se o apoio à comercialização de milho e arroz, tendo ainda mudado a forma desse apoio, de Aquisições do Governo Federal (AGF) para Empréstimo do Governo Federal (EGF), a partir do ano agrícola 1991–1992. Nesse período, iniciaram-se grandes reformas na política agrícola brasileira, especialmente quanto ao financiamento (Gasques et al., 2010). A mudança do AGF para EGF ocorreu, sobretudo, no Centro-Oeste. Tal alteração significou o abandono do caráter universal da política de garantia de preços, restringindo-se aos tomadores de crédito de custeio, que contavam com a conversão automática da dívida em EGF (1992–1995).

⁷ O Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), criado pelo art. 19 da Lei nº 10.696/2003 (Brasil, 2003), possui duas finalidades básicas: promover o acesso à alimentação e incentivar a agricultura familiar.

⁸ O Prêmio para Escoamento de Produto (PEP) é uma subvenção econômica concedida àqueles dispostos a adquirir o produto indicado pelo governo federal diretamente do produtor rural e/ou cooperativa, pelo valor do preço mínimo fixado, e faz parte da Política de Garantia de Preços Mínimos do governo federal (PGPM). Esse instrumento é lançado quando o preço de mercado de um determinado produto está abaixo do preço mínimo ou do valor de referência.

Rezende (1990) analisou em que medida é correta a opinião de que a expansão do Centro-Oeste foi dependente do governo para o escoamento das safras. O argumento é que, ao garantir preços mínimos uniformes para todo o Centro-Sul, o governo estaria adquirindo boa parte das safras do Centro-Oeste, arcando, ao mesmo tempo, com pesados subsídios para sua colocação nos mercados consumidores do Sul e Sudeste. Todavia, a atuação do governo também foi expressiva no Sul e Sudeste nos anos 1980, chegando a fazer EGF para 59,8% da safra de soja, em 1982, e 54,7%, em 1983. Frente a esses fatos, Rezende argumentou que a imagem de proteção ao arroz do Centro-Oeste era falsa, uma vez que a região Centro-Sul também dependeu do apoio governamental. No caso da soja, o apoio governamental à produção do Centro-Oeste limitou-se ao triênio 1985–1987 e foram menores do que as de arroz e milho, em termos de proporção de safras.

Levantamentos sobre apoio financeiro do governo federal à comercialização de 2002 a 2015, por meio dos instrumentos que vêm sendo utilizados, têm mostrado que o Centro-Oeste tem tido uma participação atuante e expressiva, como as AGF, Prêmio para Escoamento de Produto (PEP), Prêmio de Risco para Aquisição de Produto Agrícola Oriundo de Contrato Privado de Opção de Venda (Prop), Prêmio Equalizador Pago ao Produtor Rural (Pepro) e Opções Públicas (Conab, 2018).

Dos recursos que o governo disponibilizou para sua atuação na comercialização, em geral, a participação do Centro-Oeste variou entre 30% e 70% dos recursos dispendidos pelo governo nos últimos anos (Conab, 2018). Não obstante esses elevados percentuais, ao longo das últimas décadas, houve um significativo deslocamento da produção no território nacional do Sul-Sudeste para o Centro-Oeste. Com base em estatísticas da Produção Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para 1974 e para 2016, a contribuição do Centro-Oeste na produção nacional variou de 26,2% para 6,5%, para o arroz; de 5,9% para 23,1%, para o feijão; de 8,4% para 42,8%, para o milho; de 5,2% para 45,8%, para a soja; de 1,4% para 18,5%, para a cana-de-açúcar; e de 8,9% para 69,8%, para o algodão.

Crédito rural

A política de crédito rural, para o período 1960–1970, operava com uma taxa de juros inferior às taxas de mercado. Em casos de elevada inflação, o juro real era negativo. Duas considerações, no entanto, são importantes nesse contexto. A primeira é que, para se acessar a ocorrência de subsídio econômico na agricultura brasileira, em vez de subsídio financeiro, seria preciso trazer os preços internacionais ao âmbito de fronteira dos países. A partir daí, seria possível adequadamente medir a existência de distorções nos preços agrícolas. Nesse aspecto, é importante lembrar que a conjuntura mundial nos anos 1970 levou diversos países a adotarem uma série de políticas com efeitos diretos e indiretos sobre os preços agrícolas. A segunda consideração, como já foi comentado, é que mesmo com as políticas de apoio à agricultura até o final dos anos 1990, houve, de fato, uma transferência líquida de renda da agricultura para outros setores na economia brasileira. Em outras palavras, as generosas políticas

de crédito rural nos anos 1970 até meados dos anos 1980 não foram suficientes para integralmente compensar os recursos transferidos da agricultura para outros setores, em particular para a indústria.

Principalmente na década de 1970, a implementação da política de preços mínimos foi um instrumento importante. Em meados da década de 1980, as exportações de alguns produtos, como cacau, café e açúcar, foram tributadas e outros produtos, como soja e algodão, tiveram restrições quantitativas à exportação. Na segunda metade dos anos 1980, eliminaram-se estas restrições, bem como o controle de preços, reduziram-se os estoques governamentais e a diferença entre a taxa de juros do crédito rural e a do mercado. A redução generalizada das tarifas no início dos anos 1990 contribuiu para o aumento da competição e criação de um ambiente mais favorável aos mercados.

Na Tabela 3⁹ mostram-se os valores do crédito rural para lavouras para o Centro-Oeste de 1999 a 2017, em valores corrigidos para a média de 2017, dividido por custeio, investimento e comercialização, e comparando essa região com o Brasil. No período considerado, o total de crédito oficial para lavouras foi de R\$ 268,78 bilhões, o que representou 17,94% do volume total de lavouras para o Brasil. Como era esperada, a participação do Centro-Oeste no volume total de crédito para lavouras evoluiu de ao redor de 15% ao ano no início da série para mais de 20%, a partir de 2013, atingindo um pico em 2017 com 24,77%. Recursos de custeio dominam o crédito rural com 62,45%, seguido de investimento com 22,84% e comercialização, com 14,71%.

O crédito para lavouras, em termos reais, cresceu mais de quatro vezes, passando de R\$ 5,86 bilhões em 1999 para R\$ 25,89 bilhões em 2017. De 2012 em diante superou os R\$ 20 bilhões, atingindo o pico em 2014 com R\$ 27,29 bilhões. Em relação à pecuária, de 1999 a 2017, o setor recebeu R\$ 159,01 bilhões de financiamento oficial, valor que representa 59,16% em relação às culturas. No período, houve um crescimento quase contínuo em valores reais, partindo de R\$ 2,34 bilhões em 1999 e atingindo R\$ 14,84 bilhões em 2017, somente ultrapassado em 2014 com R\$ 15,83 bilhões. Os valores relativos da pecuária para custeio foram de 52,66%, 40,65% para investimento e 6,69% para comercialização.

Observe-se que os valores de investimento para pecuária (Tabela 4) são superiores às das culturas agrícolas. Referente ao crédito para todo o Brasil para pecuária, a região Centro-Oeste supera em todos os anos a 22%, atingindo 29,72% em 2017, valor mais alto da série. Os créditos para comercialização não são tão relevantes, pois, em 3 anos (2004 a 2006), atingiram apenas R\$ 1 bilhão, sendo, em anos recentes, abaixo de R\$ 500 milhões.

Além do crédito rural, o governo federal criou agências regionais de desenvolvimento, a exemplo da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene),

⁹ Os autores agradecem a AdAdalberto Araújo Aragão, analista da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas da Embrapa, pela preparação dos dados das Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Valores reais do crédito rural para produção agrícola do Centro-Oeste no período 1999–2017.

Ano	Custeio (mil R\$)	Investimento (mil R\$)	Comercialização (mil R\$)	Valor (mil R\$)	Relação Centro-Oeste/ Brasil (%)
1999	4.116.977	675.818	592.571	5.385.366	14,81
2000	4.175.207	873.230	705.571	5.754.008	15,49
2001	4.525.636	1.334.543	1.145.259	7.005.438	16,73
2002	5.267.241	1.946.474	1.255.599	8.469.314	19,09
2003	7.366.725	2.807.994	1.174.899	11.349.618	20,51
2004	7.973.813	3.540.729	2.729.413	14.243.954	21,40
2005	5.914.697	2.524.001	3.053.473	11.492.172	18,66
2006	4.743.663	2.318.852	1.013.022	8.075.538	13,29
2007	5.628.241	1.554.383	1.016.368	8.198.991	12,00
2008	6.381.874	2.244.934	1.351.925	9.978.734	12,20
2009	7.371.302	1.960.198	1.414.999	10.746.499	12,26
2010	7.989.375	2.056.911	1.537.499	11.583.785	13,31
2011	9.219.512	2.822.474	1.961.547	14.003.533	15,31
2012	10.681.591	5.434.920	2.727.280	18.843.792	18,28
2013	13.654.188	6.485.991	3.323.950	23.464.130	19,79
2014	16.032.292	7.433.140	4.127.150	27.592.581	21,16
2015	14.712.030	5.179.128	4.147.833	24.038.991	20,85
2016	15.494.628	4.600.583	2.571.256	22.666.467	21,33
2017	16.613.164	5.595.902	3.678.210	25.887.276	24,77
Total	167.862.157	61.390.208	39.527.823	268.780.188	17,94

Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2018).

Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul (Sudesul) e Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (Sudeco). A Sudeco, como autarquia federal, foi criada pela Lei nº 5.365/1967, com o objetivo de promover o desenvolvimento do Centro-Oeste. Em 1990, o governo Collor extinguiu esta autarquia, sendo recriada no governo Lula, em 2008, vinculada ao Ministério da Integração Nacional (suas operações foram iniciadas apenas em 2011). Dentre as principais atribuições da Sudeco, constam: a) a definição de objetivos e metas econômicas e sociais para o desenvolvimento da região; b) a elaboração do plano de desenvolvimento regional; c) o gerenciamento do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO).

A Lei nº 7.827/1989, que regulamentou a Carta Constitucional de 1988, determinou a distribuição dos recursos dos fundos constitucionais nas seguintes proporções (Brasil, 1989; Moreira Neto, 2000): a) 0,6% para o Fundo Constitucional de Financiamento

Tabela 4. Valores reais do crédito rural para pecuária do Centro-Oeste no período 1999–2017.

Ano	Custeio (mil R\$)	Investimento (mil R\$)	Comercialização (mil R\$)	Valor total (mil R\$)	Relação Centro-Oeste/ Brasil (%)
1999	1.070.464	757.707	514.943	2.343.115	22,65
2000	1.374.380	955.450	380.258	2.710.088	24,98
2001	1.638.684	2.132.243	289.835	4.060.762	27,50
2002	1.604.214	2.200.638	351.412	4.156.265	27,86
2003	1.575.146	1.521.863	344.296	3.441.305	22,81
2004	1.630.388	1.577.145	1.063.961	4.271.494	24,87
2005	1.596.331	2.126.467	1.897.966	5.620.765	27,56
2006	2.505.361	2.003.641	1.005.265	5.514.267	23,71
2007	3.016.252	2.741.164	433.465	6.190.882	24,57
2008	3.374.896	2.705.197	463.320	6.543.414	24,30
2009	4.332.797	3.007.307	398.304	7.738.408	22,97
2010	4.868.797	4.423.716	482.330	9.774.842	25,43
2011	5.952.677	4.297.982	600.135	10.850.794	26,41
2012	7.313.086	5.368.533	671.211	13.352.831	26,93
2013	7.493.455	6.599.827	385.648	14.478.930	25,78
2014	8.566.929	6.950.632	313.033	15.830.594	24,28
2015	8.455.178	5.480.078	347.066	14.282.322	25,40
2016	8.028.006	4.732.937	247.447	13.008.390	26,54
2017	9.333.857	5.053.291	454.155	14.841.303	29,72
Total	83.730.898	64.635.820	10.644.052	159.010.770	25,72

Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2018).

do Norte (FNO); b) 1,8% para o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE); c) 0,6% para o FCO.

A abrangência geográfica dos fundos é ampla: 2.864 municípios, ou seja, mais da metade dos municípios do Brasil, estão na área de atuação de um dos três fundos constitucionais, sendo: 1.952 municípios na área do FNE; 449 municípios na área do FNO; e 463 municípios na área do FCO (Resende et al., 2014). Os três fundos mobilizaram, em 2016, o montante de R\$ 11,6 bilhões do crédito rural. Esses recursos representaram, naquele ano, 7,16% das aplicações do crédito rural na agropecuária brasileira. Os recursos do FCO para os financiamentos à agropecuária somaram 11,0% dos recursos aplicados pelo crédito rural no Centro-Oeste. Em números absolutos, foram aplicados R\$ 1,0 bilhão em lavouras e R\$ 2,9 bilhões na pecuária, totalizando R\$ 3,9 bilhões.

Segundo avaliação de Resende et al. (2014), os fundos constitucionais de financiamento reforçaram a tendência de concentração dos investimentos privados nas áreas mais dinâmicas de cada região. Tanto para a taxa de variação do número de empregados quanto para a variação do salário médio pago pelas firmas, em nenhum dos casos foi possível rejeitar a hipótese de que o desempenho das firmas beneficiadas é igual àquele das firmas que apresentaram variação caso não tivessem recebido os recursos. Esses autores complementam: em nenhuma circunstância foi possível apontar impacto positivo da aplicação de recursos.

Cabe uma última observação sobre o desenvolvimento regional. Com as crises macroeconômicas dos anos 1980–1990, assuntos nacionais, como a inflação galopante e o baixo crescimento econômico, passaram a dominar as preocupações. O desenvolvimento regional e suas desigualdades foram relegados a um plano secundário.

O futuro

Alves e Contini (2014) identificaram grandes linhas para a agricultura do futuro: a) crescimento da demanda doméstica e principalmente internacional; b) integração do meio rural ao urbano; c) maior volume de produção por produtor rural; d) forte mecanização e automação na agricultura; e) especialização das fazendas quanto a produtos e tarefas; f) agricultura sustentável, nas dimensões econômica, social e principalmente ambiental.

Parcela majoritária da expansão da agricultura brasileira para atender à demanda crescente por alimentos, fibras, energia e biomassa está no Cerrado. Com vocação para produção sustentável e competitiva de grãos, oleaginosas, carnes e florestas, o Cerrado deve continuar experimentando a expansão da produção agropecuária nas próximas duas décadas. Fatores de demanda (aumento da renda per capita, população e urbanização) e de oferta (disponibilidade tecnológica e avanço de projetos de infraestrutura e logística na região) justificam e reforçam esse argumento.

A expansão da produção agropecuária, prioritariamente pelo aumento na produtividade, deverá prevalecer. A especialização na produção em âmbito de fazenda será dominante. Note-se, porém, que uma dada propriedade pode ser diversificada quanto à produção (lavoura, pecuária e florestas, por exemplo), contando, porém, com “subsistemas” operando gerencialmente como sistemas especializados.

Ainda com respeito à produção, três norteadores com foco no futuro vertem sobre o uso da terra (exemplo: recursos naturais), a produção (eficiência e benefícios para as dimensões da sustentabilidade) e a disponibilidade de tecnologias (Embrapa, 2014). Resumidamente, as tendências vão em direção à busca por crescente eficiência no uso dos recursos naturais e dos insumos, privilegiando, assim, tecnologias do tipo “poupa-terra”. A transformação digital na agricultura, em sentido amplo, é inexorável. Vem acompanhada por crescente mecanização e robotização. Buscam-se o desenvolvimento e a implementação de sistemas agropecuários e florestais capazes de

ampliar a produção e, ao mesmo tempo, trazer benefícios ambientais e sociais. Cresce rapidamente a demanda para maior segurança e qualidade dos alimentos, com redução de desperdícios e maior reciclagem de resíduos. O potencial do Brasil na bioeconomia, dado seu capital natural, humano, e desenvolvimento tecnológico, é enorme. Abrem-se, assim, oportunidades para o desenvolvimento de novos elos nas cadeias produtivas, com foco em materiais, substâncias e produtos de maior valor adicionado.

Especificamente quanto à política agrícola, um dos pontos nevrálgicos da agricultura do futuro, em todas as regiões e no Centro-Oeste, é o sistema de financiamento da atividade. Não há dúvida de que a agricultura do Brasil desenvolveu o alicerce essencial para sustentar o crescimento da agricultura e para ampliar sua inserção no mercado internacional, porém, persistem alguns desafios. Um dos desafios da política agrícola consiste em assegurar níveis adequados de apoio aos produtores rurais por meio de medidas que não causem distorções de mercado ou que estas, quando ocorrerem, sejam minimizadas. A questão fundamental é como será o financiamento para a agricultura da região.

Vieira et al. (2016) sinalizaram a necessidade de reformulação do crédito rural oficial. Entre as principais medidas, propõem: a) redução seletiva das margens de subvenção; b) ampliação da participação de recursos livres; c) redução gradual das exigibilidades dos bancos no financiamento da agricultura; d) continuidade da revisão da legislação dos Títulos do Agronegócio; e) simplificação e racionalização das normas operacionais do crédito rural, tornando-as mais eficientes para a melhoria do acesso ao crédito rural. Nesse sentido, a importância e a viabilidade dessa tarefa são ampliadas na medida em que se confirme a tendência de redução da taxa Selic, ora em curso.

Estabelecidas as condições macroeconômicas mais favoráveis e estáveis, com convergência das taxas de juros e de inflação para níveis internacionais, taxa de câmbio equilibrada, o financiamento da agricultura brasileira deverá, cada vez mais, ser realizado pelas regras de livre mercado. Nessa situação, a interferência do governo tende a ser minimizada, salvo, marginalmente, no caso dos produtores familiares, para os quais as políticas públicas incorporam objetivos de natureza social. Essa é uma tendência que se observa nos países desenvolvidos, com políticas agrícolas que enfatizam o uso de instrumentos de apoio dissociados do mercado, em vez de instrumentos como os de crédito subsidiado e de sustentação artificial de preços, que distorcem o funcionamento do mercado.

Além do crédito rural para financiar a produção e a comercialização, mudanças significativas devem ocorrer também na gestão do risco rural. Boas políticas públicas, como o seguro rural efetivo, podem minimizar riscos de produção, como os climáticos e de incêndios, de sanidade animal e vegetal e riscos de mercado, particularmente os de preços. A gestão de risco rural, seja ela por razões climáticas, agronômicas ou de mercado, tem o potencial de minimizar a importância do crédito rural subsidiado, eliminando, assim, a necessidade de renegociações de dívidas relacionadas a estas operações. Porém, conforme destacado em um estudo realizado pelo Banco

Mundial, com o Mapa e a Embrapa (Arias et al., 2015), apesar de o Brasil dispor de instrumentos modernos de gestão do risco agrícola, sua eficiência é baixa por causa da pouca integração entre os diversos instrumentos e políticas existentes.

Assim, é importante que esses instrumentos continuem sendo fortalecidos e ampliados, contribuindo para alavancar recursos livres, destinados ao financiamento da agricultura brasileira, e para viabilizar a almejada liberalização do crédito rural, ou seja, alcançar o objetivo de reduzir a intervenção do governo nesse mercado.

Finalmente, está em elaboração um Plano de Estado para os próximos 10 anos pelo setor privado, propondo um projeto liberal aos presidencialistas, abordando questões macroeconômicas para colocar o País na direção do desenvolvimento sustentável e integrando o agronegócio ao urbano. O objetivo maior do plano é transformar o Brasil no campeão mundial da segurança alimentar (Rodrigues, 2018).

Considerações finais

Juntamente com a disponibilidade de recursos naturais e o empreendedorismo de agricultores, as políticas públicas foram fundamentais para o desenvolvimento dos Cerrados. Incluem-se nessas políticas o crédito agrícola, a disponibilidade, ainda que precária, da infraestrutura e a pesquisa agrícola para o desenvolvimento da pujante agricultura tropical na região.

Do ponto de vista teórico, justificou-se a ação do Estado via políticas públicas nos Cerrados pela existência de imperfeições de mercado. Sem ações governamentais por meio de políticas agrícolas e programas de desenvolvimento, valiosos recursos naturais não teriam sido utilizados, com comprometimento do desenvolvimento de importante região.

Foram analisadas políticas gerais que impactaram a ocupação dos Cerrados, destacando-se a construção de Brasília; as políticas macroeconômicas, como a substituição de importações, taxas de câmbio, taxas implícitas das exportações agrícolas; e a política ambiental. Como programas de desenvolvimento, analisaram-se o Programa Polocentro, o Prodecer, a colonização pública e a privada.

Especificamente sobre políticas agrícolas, enunciam-se análises sobre os principais instrumentos utilizados pelo governo, com destaque para crédito agrícola de custo, comercialização e investimentos, e preços mínimos.

Finalmente, este capítulo de livro prospecta tendências, para os próximos anos, de desenvolvimento da agricultura da região, destacando-se o uso mais racional da terra, a forte mecanização, a especialização das fazendas e a agricultura sustentável. Em relação às políticas agrícolas, visualiza-se diminuição progressiva da subvenção ao crédito agrícola, gestão de risco com progressiva inclusão do seguro rural.

Referências

- ALVES, E. R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 67-99.
- ALVES, E. R. de A.; FARO, C. de; CONTINI, E. A revisão constitucional e o papel do governo na agricultura. **Revista de Política Agrícola**, ano II, n. 5, p. 18-26, 1991.
- ALVES, E. R. de A.; PASTORE, A. C. Import substitution and implicit taxation of agriculture in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 5, p. 865-871, Dec. 1978. DOI: 10.2307/1240108.
- ALVES, E. R. de A.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. Uma viagem pelas regiões e estados, guiada pelo Censo Agropecuária. **Revista de Política Agrícola**, ano. 26, n. 1, p. 113-150, jan./mar. 2017.
- ALVES, E.; CONTINI, E. Tecnologia: prosperidade e pobreza nos campos. In: SENRA, N. de C. **Censo entra em campo – o IBGE e a história dos Recenseamentos Agropecuários**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. p. 205-230.
- ARIAS, D.; MENDES, P.; ABEL, P. (Coord.). **Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil: caminhos para uma visão integrada**. Brasília, DF: Banco Mundial, 2015. 76 p.
- BAER, W. **The Brazilian economy**. 6th edition. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 2008. 443 p.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Crédito Rural: Relatórios**. 2018. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/creditorural>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- BARROS, G. S. de C. Política agrícola no Brasil: subsídios e investimentos. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. K. E. R.; NAVARRO, Z. **Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília, DF: Ipea. 2010. p. 237-258.
- BRASIL. Lei nº 10.696, de 2 de julho de 2003. Dispõe sobre a repactuação e o alongamento de dívidas oriundas de operações de crédito rural, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 jul. 2003.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012a. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 26 maio 2012a.
- BRASIL. Lei nº 7.827 de 27 de dezembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 28 dez. 1989.
- BRASIL. **Medida Provisória nº 571, de 2012**. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Disponível em: <<https://www.congressonacional.leg.br/materias/medidas-provisorias/-/mpv/105799>>. Acesso em: 26 maio 2012b.
- CAMPO CONSULTORIA E AGRONEGÓCIOS. **Proceder origem**. Disponível em: <<http://www.campo.com.br/proceder/>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

- CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. O custo privado da reserva legal. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 2, p. 85-104, abr.-jun. 2013.
- COCHRANE, W. W. **The development of American agriculture**. 2nd ed. Minneapolis: University of Minnesota, 1991.
- CONAB (Brasil). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=517&t=2>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- CORREA, A. L. C.; CAVALCANTI, I. M.; SEABRA, I. BURNS, V. A. C. O papel do governo federal como indutor do crescimento econômico da região centro-oeste. In: CUNHA, A.; MUELLER, C. Diagnóstico regional-região Centro Oeste. In: AGUIAR, M. N. (Org.). **A questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil**. Brasília, DF: Ipea: Pnud: ABC, 1988.
- CUNHA, A.; MUELLER, C. Diagnóstico regional-região Centro Oeste. In: AGUIAR, M. N. (Org.). **A questão da produção e do abastecimento alimentar no Brasil**. Brasília, DF: Ipea: Pnud: ABC, 1988.
- DIAS, G. L.; AMARAL, C. M. Mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1980-1998. In: BAUMANN, R. (Org.). **Brasil: uma década em transição**. Rio de Janeiro: Cepal, 2000. p. 223-254.
- EMBRAPA. **Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira: síntese**. Brasília, DF, 2014. 54 p.
- FARIA, G.; ZAMBERLAN, C. O; DIAS, E. P.; CASTAGNA, G. Expansão da Fronteira Agrícola: Impacto das Políticas de Desenvolvimento Regional no Centro-Oeste Brasileiro. In: CONGRESSO DA SOBER, 48., 2010, Campo Grande. [Anais...] Campo Grande, julho 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/216.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- FARIA, G.; ZAMBERLAN, O.; DIAS, E. P.; CASTAGNA, G. Expansão da fronteira agrícola: impacto das políticas de desenvolvimento regional no centro-oeste brasileiro. In: CONGRESSO DA SOBER, 48., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2009. p 12.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Agroanalysis**. 2012. Disponível em: <www.agroanalysis.com.br/6/2012/editorial>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Dados: preços de terras**. Disponível em: <www.fgv.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M.; BASTOS, E. T. Gastos públicos na agricultura: uma retrospectiva. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, Edição Especial, p. 74-92, jul. 2010.
- GOEDERT, W. J. Região dos cerrados: potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24. n. 1, p.1-17, jan. 1989.
- GREMAUD, A.; VASCONCELOS, M. A. S.; TONETO JÚNIOR, R. **Economia brasileira contemporânea**. 5. ed. São Paulo: Atlas; 2004.
- HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. **Padrões regionais de crescimento da produção de grãos no Brasil e o papel da região centro-oeste**. Rio de Janeiro: Ipea, 2000. (IPEA. Texto para discussão, 731).
- HOSONO, A.; ROCHA, C. M. C.; HONGO, Y. **Development of sustainable agriculture: the Brazilian Cerrado**. Houndmills: Palgrave MacMillan, 2016.
- IBGE. **Estimativas de População dos municípios para 2018**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- IZARD, W. **Métodos de analisis regional**. Barcelona: Universidad de Barcelona, Barcelona, 1973. 815 p.

- KRUEGER, A. O. Government failures in development. **Journal of Economic Perspectives**, v. 4, n. 3, Summer 1990, p. 9-23.
- LIMA FILHO, R.; SILVA, A.; AGUIAR, G. Mercado de terras. **Agroanalysis - FGV**. v. 36, n. 11. 2016. p. 21-23. Disponível em: <<http://www.agroanalysis.com.br/storage/2016/11/index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- LIMA, R. C. A.; MUNHOZ, L. **Programas de regularização ambiental (PRAs)**. São Paulo: UNPIT: Icone, 2016. 59 p.
- LOPES, I. V.; LOPES, M. de R. O fim das cinco décadas de tributação da agricultura no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, edição Especial, p. 31-41, jul. 2010.
- MANTELLI, J. O setor agrário da região noroeste do Rio Grande do Sul. **Geosul**, Florianópolis, v. 21, n. 41, p. 87-105, jan./jun. 2006.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E. Brazil's agriculture modernization and Embrapa. In: AMANN, E.; AZZONI, C. R.; BAER, W. (Ed.). **The oxford handbook of the brazilian economy**. New York: Oxford University Press, 2018. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190499983.013.15.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; SOARES, C. O. **Challenges and opportunities for food and nutrition security in the americas**: the view of the academies of sciences. Cidade do México: Ianas, 2017. v. 1, p. 99-101.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
- MIRANDA, E. Agricultura lidera preservação no Brasil. **O Estado de São Paulo**, 5 jun. 2017. Espaço Aberto, p. A2.
- MOREIRA NETO, A.; GOMES, G. M. **Quatro décadas de crescimento econômico no centro-oeste brasileiro**: recursos públicos em ação. Brasília, DF: Ipea, 2000. (IPEA. Texto para discussão, 712).
- MUELLER, C. C. A política agrícola no Brasil: uma visão de longo prazo. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, Edição Especial, p. 9-23, jul. 2010.
- MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.). **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 35-99.
- PEREIRA, P. A. A.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; SANTANA, C. A. M.; ALVES, E. The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities. **Agriculture & Food Security**, v. 1, art. number 4, p. 1-12, 2012.
- PERROUX, F. **A economia do século XX**. Lisboa: Livraria Moraes Editora, 1967. 755 p.
- RESENDE, G. M.; CRAVO, T. A.; PIRES, M. J. S. **Avaliação dos impactos econômicos do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) entre 2004 e 2010**. Brasília, DF: Ipea, 2014. (IPEA. Texto para discussão, 1969).
- REZENDE, G. C. **A agricultura de grãos no Centro-Oeste**: evolução recente, vantagens comparativas regionais e o papel da política de preços mínimos. Rio de Janeiro: Ipea, 1990. (Texto para discussão, 197).
- RODRIGUES, R. Um plano inédito: lideranças do agro estão elaborando um projeto liberal para apresentar a candidatos. **O Estado de São Paulo**, 8 abr. 2018. p. B4.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semi-detalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, jan. 2008.
- SMITH, A. **Riqueza das nações**. São Paulo: Folha de São Paulo, 2010. 423 p. (Coleção Folha. Livros que mudaram o mundo).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

STIGLITZ, J. E. On the Economic Role of the State. In. HEERTJE, A. (Ed.). **The economic role of the State**. London: Basil Blackwell Beaufort, 1989.

TEIXEIRA, L. **A Colonização no Norte de Mato Grosso**: exemplo da Gleba Celeste. 2006, 117 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Estadual Paulista, Presidente Prudente.

VIEIRA, P. A.; BUAINAIN, A. M.; CONTINI, E.; BARROS, F. Brasil: fonte de alimentos para o planeta? **Revista Agro DBO**, n. 80, ago. 2016.

WAGNER, C. **O Brasil de bombachas**: as novas fronteiras da saga gaúcha. Porto Alegre: Duetto: Rimoli Associados, 2011. 140 p.

Capítulo 4

Pesquisa, transferência de tecnologia e desenvolvimento do Cerrado¹

Marina de Fátima Vilela
Zaré Augusto Brum Soares
Elmar Wagner

Introdução

A pesquisa agrícola e a assistência técnica no Brasil e no Cerrado apresentam dois momentos distintos. O primeiro momento, em 1948, foi marcado pela constatação de que o Brasil não detinha um sistema de extensão rural para a transferência de tecnologias, resultando na criação da Associação de Crédito e Assistência Rural de Minas Gerais (Acar). Em 1956, o programa de crédito foi expandido para o restante do País, originando a Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (ABCAR), embrião da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater), criada em 1974 e regulamentada em 1975. O segundo momento aconteceu em 1972, quando se notou que o País não detinha a tecnologia agrícola necessária para a demanda posta. Diante dessa constatação, o então ministro da Agricultura, Luiz Fernando Cirne Lima, solicitou um estudo que concluiu pela criação de uma instituição de pesquisa agropecuária de âmbito nacional. Nesse mesmo ano, a Embrapa foi criada, sendo inaugurada em 1973.

Antes da criação da Embrapa, a pesquisa agrícola era realizada por órgãos ministeriais, universidades, instituições estaduais e algumas organizações privadas, que muitas vezes trabalhavam isoladas. Com a criação da Embrapa, surgiu um novo conceito de execução da pesquisa agropecuária, com enfoque sistêmico, rompendo com o modelo que até então, por vezes, resultava em projetos de pesquisa dispersos. A Embrater expandiu o serviço de assistência técnica e de extensão rural no País e, nesse mesmo período, o Cerrado conheceu a modernização agrícola, um marco para a agricultura brasileira em termos de área, produção, produtividade e, sobretudo, de segurança alimentar.

A incorporação das terras do Cerrado ao sistema produtivo foi a base do desenvolvimento da região. Atualmente, o Cerrado é responsável por 48,3% do milho, 46,6% da soja, 48,3% da cana-de-açúcar, 94,7% do algodão e cerca de 40% do café produzido

¹ Agradecimentos especiais ao Cláudio Takao Karia, Edson Lobato, José Luiz Fernandes Zoby, José Roberto Rodrigues Peres e Wenceslau J. Goedert, pelas valiosas e imprescindíveis contribuições, informações e orientações, que tanto contribuíram para a escrita deste capítulo.

no País, além de 34,6% do efetivo bovino (IBGE, 2018, 2019; Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2018). Estes números são conquistas protagonizadas pela pesquisa agropecuária conduzida por pesquisadores de instituições de pesquisa, dentre elas o Sistema Embrapa de Pesquisa Agropecuária, e de universidades que ganharam respeito no mundo da ciência e da tecnologia agropecuária e que contribuíram para aumentar a oferta de alimentos e reduzir os preços de aquisição.

Este capítulo trata da ocupação do Cerrado e detalha algumas das políticas públicas, sobretudo, do papel da pesquisa, da assistência técnica e do cooperativismo no desenvolvimento da região que se tornou uma potência agrícola reconhecida mundialmente.

Ocupação humana no Cerrado

Os primeiros habitantes do Cerrado datam de 13 mil anos atrás, provavelmente originários da América do Norte, alcançando a América do Sul através do istmo do Panamá (Ganem et al., 2008b; Barbosa, 2016). Na época do descobrimento do Brasil, um número expressivo de tribos indígenas ocupava o Centro-Oeste brasileiro (Martins, 2005). A partir do século 16, a pressão das diversas forças colonizadoras forçou o deslocamento dos indígenas de seus territórios tradicionais. Martins (2005) citou como exemplo a tribo Kayapó, que teve como centro de seu território o interior paulista, cujos membros foram aprisionados pela Bandeira de Garcia Rodrigues Velho no início do século 17, rompendo a frágil convivência “pacífica”. Esse episódio provocou um êxodo acentuado dos Kayapós para o oeste, originando dois séculos de hostilidades entre “brancos” e índios, bem como entre as diversas tribos indígenas.

A captura dos índios para escravização e a descoberta de metais preciosos em Mato Grosso, no início do século 18, acirraram ainda mais os conflitos entre índios e brancos. Os conflitos se espalharam por todo o Centro-Oeste, reduzindo drasticamente a população indígena (Martins, 2005). Com a decadência da mineração, houve, no início do século 19, migrações das populações de Minas Gerais e do Nordeste brasileiro para essa região, incrementando o sistema agrícola e comercial da região, uma economia de transição entre a economia mineradora e a economia de exportação pecuária, mas essencialmente de subsistência (Bittar, 2011; Mendes; Ferreira, 2012).

Um marco no avanço da fronteira agrícola foi a construção da ferrovia que ligava as cidades de São Paulo, SP e Anápolis, GO na década de 1930. Entretanto, somente com a construção de Brasília e do sistema rodoviário, na década de 1950, intensificaram-se a expansão agrícola e o processo de ocupação do Cerrado (Bittar, 2011). Deve-se salientar que o processo de ocupação e expansão da fronteira agrícola não foi homogêneo e nem sincrônico em toda a região. Para Martins (2005), a paisagem regional direcionou os modelos produtivos adotados. A partir de 1930, políticas públicas foram implementadas para a integração e a ocupação do vazio geográfico, com a finalidade de garantir o controle efetivo do território brasileiro e fornecer produtos alimentícios mais baratos para os centros urbanos emergentes (Ganem et al., 2008b; Freitas; Chaveiro, 2011; Mendes; Ferreira, 2012).

Políticas públicas para desenvolvimento e ocupação do Cerrado²

As políticas desenvolvimentistas executadas pelo governo brasileiro e as características ambientais peculiares da região foram os dois principais fatores que possibilitaram a ocupação do Cerrado. O início das políticas públicas para essa ocupação se deu com a Revolução de 1930, quando Getúlio Vargas assumiu a Presidência da República, instalando um período denominado Nacionalismo, em que ações para integração e conhecimento do território brasileiro foram implementadas (Freitas; Chaveiro, 2011). Dentre as principais ações, destaca-se a criação do Instituto Nacional de Estatística, posteriormente denominado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cuja missão principal era conhecer o território brasileiro, condição fundamental para a exploração (Brasil, 1934; Freitas; Chaveiro, 2011).

Nesse contexto nacionalista e expansionista, o governo criou, em 1943, a Fundação Brasil Central, responsável pelos trabalhos de penetração do território e de alocação do povoamento, como a Expedição Roncador-Xingu, também conhecida como Marcha para o Oeste (Ganem et al., 2008b; Mendes; Ferreira, 2012). As políticas públicas de ocupação e de expansão agrícola do território, sobretudo da região Centro-Oeste, somente se tornaram efetivas com a construção de Brasília e a transferência da capital para o interior, conforme prevista na Constituição Federal de 1891 e reafirmada nas Constituições de 1933, 1937 e 1946 (Ganem et al., 2008a, 2008b). Essa transferência remonta dos ideais do Marquês de Pombal e dos inconfidentes, apoiada posteriormente por Hipólito José da Costa, fundador do jornal *Correio Braziliense*, e defendida por José Bonifácio de Andrada e Silva, que, em 1823, sugeriu o nome Brasília (Ganem et al., 2008b). Como consequência da Constituição de 1891, o governo instituiu, no ano seguinte, a Comissão Exploradora do Planalto Central, conhecida como Missão Cruls, que tinha como objetivo identificar o local de implantação da futura capital (Ganem et al., 2008a).

O projeto de transferência da capital foi retomado após 1940, com o nacionalismo implementado por Getúlio Vargas, que, em 1946, instituiu a Comissão de Estudos para Localização da Nova Capital (Ganem et al., 2008a, 2008b). A década de 1950 foi marcada pelo início da construção de Brasília e da malha viária para ligação da nova capital ao restante do País (Mendes; Ferreira, 2012). O projeto de construção de Brasília foi assumido por Juscelino Kubitschek. Entre os anos de 1955 e 1960, houve aproximação do governo com o capital externo por meio da abertura da economia ao capital estrangeiro e contração de dívidas. Não existia uma preocupação específica ou prioridades relacionadas à agricultura no governo Juscelino Kubitschek (Mengel, 2015). Dos cinco setores básicos da economia que foram contemplados no plano de metas de Juscelino, os setores de energia, de transporte e de indústrias de base receberam 93% dos recursos, em detrimento dos setores de educação e de

² O Capítulo *O papel das políticas públicas no Cerrado*, trata mais especificamente desse tema.

alimentação (Silva, 2016). Esse “desbalanço” nos investimentos promoveu a queda na produção agrícola e um acentuado êxodo rural para as capitais da região Sudeste.

No governo João Goulart, a preocupação com a organização dos estabelecimentos rurais e o incentivo à pesquisa e à experimentação agropecuária tornaram-se mais evidentes. Tal preocupação era acompanhada da convicção da ineficiência da estrutura agrária existente, de onde se antevia a necessidade de uma reforma agrária (Mengel, 2015). Esse pensamento reformista foi substituído por outro, também reformista, o Golpe de Estado no Brasil em 1964, que promoveu uma intervenção estatal no setor agrário, priorizando a reestruturação tecnológica do setor agrícola em detrimento da modificação da estrutura agrária (Freitas; Chaveiro, 2011; Mengel, 2015). Nos anos que se seguiram, os programas de governo e as políticas públicas, voltadas ao setor agrícola, visavam, sobretudo, à adoção de tecnologias pelo setor.

Em 1965, o governo criou a Lei nº 4.829, que institucionalizou o crédito rural por meio do Sistema Nacional do Crédito Rural para financiamento de custeios, comercialização da produção e industrialização de produtos agropecuários (Brasil, 1965, 1966). Como consequência da instituição do crédito agrícola, houve desenvolvimento das indústrias fornecedoras de insumos agrícolas e processadoras de alimentos. Para alguns historiadores, o período de 1965 a 1979 foi considerado como de euforia da modernização agrícola no País (Ganem et al., 2008b).

A Fundação Brasil Central foi extinta em 1967. No mesmo ano, por meio da Lei nº 5.365/1967, foi criada a Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste – Sudeco (Brasil, 1967), que, mesmo sem incentivos fiscais, colaborou na implementação de programas para as áreas de Cerrado e do Pantanal mato-grossense, bem como na integração rodoviária da região com o resto do País (Sudeco, 2016). Em 1968, o governo do Marechal Arthur da Costa e Silva estabeleceu as bases do Programa Estratégico de Desenvolvimento para acelerar e sustentar o desenvolvimento econômico, aumentar a produtividade agrícola e modernizar o sistema de energia, transporte, comunicação, educação e habitação (Kornis, 2017). Especificamente com relação à agricultura, o referido programa definia a obtenção de taxas de crescimento da ordem de 5% a 6% ao ano e a formulação de programas e projetos governamentais objetivando o aumento da produtividade, a expansão da área agrícola, a reforma agrária e a colonização, além de incentivos fiscais e de crédito e infraestrutura de comercialização (Kornis, 2017).

A modernização da agricultura no Cerrado ocorreu a partir da década de 1970, com a implantação de projetos oficiais (Mendes; Ferreira, 2012). A região tornou-se então uma área de expansão da fronteira agrícola, em detrimento da Amazônia, por estar mais próxima a grandes centros urbanos. Em 1971, foi implantado o Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste, por meio do Decreto-Lei nº 1.192/1971, destinado a incrementar o desenvolvimento econômico de Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal, mediante a construção de estradas, silos, armazéns, usinas de beneficiamento e frigoríficos, além de obras de saneamento, retificação de cursos de água e recuperação de terras (Brasil, 1971a).

Como as políticas de investimentos em armazenamento, extensão e crédito rural, implementadas até o período, não promoveram o aumento da produção agrícola no ritmo demandado, o então ministro da Agricultura, Luís Fernando Cirne Lima, instituiu um grupo de trabalho constituído por José Irineu Cabral e por Otto Lira Schaefer, com o objetivo de analisar o então Sistema de Pesquisa Agropecuária Brasileiro (Mengel, 2015), observando o trinômio políticas públicas, agricultura e incremento da produtividade (Lopes; Alves, 2013). O grupo de trabalho produziu um relatório intitulado *Sugestões para a formulação de um sistema nacional de pesquisa agropecuária*, que mais tarde passou a ser conhecido como *Livro Preto da Embrapa* (Mengel, 2015). O relatório sugeriu a criação de uma instituição de pesquisa agropecuária de âmbito nacional e, em dezembro de 1972, por meio da Lei nº 5.851, criou-se a Embrapa (Brasil, 1972; Lopes; Alves, 2013). A Embrapa foi inaugurada em 1973 com a missão de promover, estimular, coordenar e executar atividades de pesquisa e com o objetivo de produzir conhecimentos e tecnologia para o desenvolvimento agrícola do País e para dar apoio técnico e administrativo a órgãos do Poder Executivo, com atribuições de formulação, orientação e coordenação das políticas de ciência e tecnologia no setor agrícola.

Em 1972, o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais criou o Programa de Crédito Integrado e Incorporação dos Cerrados, que aliava a racionalidade técnica e gestão empresarial, visando assegurar lucro ao empresário rural. Esse programa se tornou um modelo para os programas federais subsequentes (Ganem et al., 2008a).

O lançamento de um novo plano de desenvolvimento para o triênio 1972–1974, denominado Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (PND I), foi convertido na Lei nº 5.727/1971, ao contrário dos planos anteriores que apenas traduziam intenções do Poder Executivo (Brasil, 1971; Abreu, 2017). O PND I tinha o objetivo de colocar o Brasil na categoria das nações desenvolvidas, duplicar a renda per capita do Brasil e elevar o produto interno bruto (PIB) aos patamares de 8% e 10% (Brasil, 1971). A estratégia agrícola do PND I pautava-se em: a) desenvolver uma agricultura moderna de base empresarial, alcançando condições de competitividade internacional em todos os principais produtos; b) transformar a agricultura do Nordeste por meio do Programa de Integração Nacional e do Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulos à Agroindústria do Norte e do Nordeste; c) modernizar as estruturas de comercialização e de distribuição de produtos agrícolas (Brasil, 1971). É importante mencionar que a política de desenvolvimento agrícola, constante no PND I, estabeleceu-se com base no sistema de incentivos fiscais e de investimentos existentes, na disseminação do uso de insumos e no programa de pesquisa agrícola que já se encontrava em andamento.

O Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND II), quinquênio 1975–1979, “implantado” por meio da Lei nº 6.151/1974 (Brasil, 1974a), diante da crise do petróleo, priorizou o desenvolvimento do setor de meios de produção, sobretudo, as indústrias siderúrgicas, de máquinas e equipamentos e de fertilizantes, esta última diretamente relacionada à expansão da fronteira e da produtividade agrícola (Matos, 2002; Abreu, 2017). O PND II, orientado para um crescimento de 7% ao ano, previa a consolidação de

uma sociedade industrial moderna e de um modelo de economia competitiva para o ano de 1980 (Brasil, 1974a; Abreu, 2017). O plano continuaria promovendo a expansão da fronteira agrícola e a ocupação de áreas na Amazônia e na região Centro-Oeste por meio do Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia e do Programa de Desenvolvimento de Recursos Florestais, dedicando atenção especial aos programas de carne, suinocultura, avicultura e pesca (Brasil, 1974a; Abreu, 2017).

A estratégia agropecuária adotada no PND II foi orientada para: a) criar facilidades e dotar o setor de instrumentos para o pleno aproveitamento de seu potencial produtivo; b) ampliar o estoque de recursos produtivos pela atração de poupanças internas e externas e capacidade empresarial para as atividades diretamente ligadas à produção; c) estimular a participação mais intensa do setor privado para as funções de serviços de apoio à produção, circulação e transformação dos produtos agropecuários; d) dinamizar o processo de criação, importação, adaptação e difusão de tecnologia às peculiaridades regionais (Brasil, 1974a). Sobre as peculiaridades regionais, cabe ressaltar que um dos aspectos relevantes do PND II foi o entendimento das vocações naturais das diversas regiões para a diversificação e a especialização regional do desenvolvimento agropecuário.

Para a execução da estratégia agropecuária proposta, foi necessária a atuação do governo em áreas e setores diversos, conforme a Lei nº 6.151/1974, com destaque para (Brasil, 1974a): a) política de uso da terra para fins agropecuários, hoje conhecida como Zoneamento Ecológico-Econômico e Zoneamento Agrícola de Risco Climático; b) política de crédito e de preço mínimo; c) Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – Proagro (Lei nº 5.969/1973); d) expansão da agroindústria, particularmente o açúcar e outros produtos tropicais; e) ocupação de novas áreas, principalmente no Centro-Oeste, Amazônia e vales úmidos do Nordeste; f) novo modelo operacional e programas de pesquisa e experimentação agrícola (com programas regionais e por produtos nitidamente definidos), extensão rural, educação para o setor agropecuário e desenvolvimento da tecnologia de alimentos.

Para a implantação do novo modelo de pesquisa e experimentação agrícola e extensão rural, o PND II, por meio da Lei nº 6.151/1974 (Brasil, 1974a), ressaltou a importância das ações da Embrapa e da extensão rural, além de instituir, por meio da Lei nº 6.126/1974, a Embrater, ligada ao Ministério da Agricultura (Brasil, 1974b). A Embrater tinha como objetivos: a) colaborar com os órgãos competentes do Ministério da Agricultura na formulação e execução das políticas de assistência técnica e extensão rural; b) promover, estimular e coordenar programas de assistência técnica e extensão rural, visando à difusão de conhecimentos científicos de natureza técnica, econômica e social; e c) colaborar com as unidades da Federação na criação, implantação e operação de mecanismo com objetivos afins aos da Embrater (Brasil, 1974a).

Em 1975, foi criado o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), por meio do Decreto Federal nº 75.320/1975, com o objetivo de promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias no Centro-Oeste e no oeste do estado de Minas Gerais (Brasil, 1975a). A ação do programa se desenvolveu por

meio da integração de quatro componentes: pesquisa, assistência técnica, crédito rural orientado e apoio à infraestrutura (Inocencio; Calaça, 2010; Bittar, 2011). Com a implantação do Polocentro, foram destinados recursos para o aproveitamento intensivo de terras antes destinadas à criação extensiva, beneficiando, sobretudo, médios e grandes produtores (Bittar, 2011; Mendes; Ferreira, 2012). Um total de 13 polos foi definido em razão da existência de jazidas de calcário.

Ao implementar a infraestrutura econômica, creditícia e fiscal no Cerrado, o Polocentro conseguiu modernizar algumas atividades agropecuárias (Inocencio; Calaça, 2010). Alguns autores consideram esse programa como o mais impactante em termos de crescimento da fronteira agropecuária do Centro-Oeste, dando início ao processo de desenvolvimento capitalista da agricultura na região (Mendes; Ferreira, 2012). O Polocentro, vigente até 1982, tornou-se referência na pesquisa e na geração de novas tecnologias por meio da alocação de recursos à Embrapa (Mendes; Ferreira, 2012). Embora se afirme que as pesquisas e as tecnologias desenvolvidas pela Embrapa estavam voltadas às necessidades dos médios e grandes produtores, essas tecnologias e o crédito subsidiado permitiram a expansão das áreas de plantio de cultivos com maior rentabilidade na região (Mendes; Ferreira, 2012).

Em 1974, o general Ernesto Geisel formaliza o processo de cooperação entre os governos do Brasil e do Japão para o desenvolvimento agrícola dos Cerrados. Essa cooperação resultou no “Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento Agrícola dos Cerrados” (Prodecer) onde a contraparte brasileira ficou a cargo da Embrapa, mais especificamente do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, atualmente Embrapa Cerrados (Agência Internacional de Cooperação do Japão, 2018). Em 1979, o Prodecer foi iniciado, servindo como projeto-piloto para a agricultura do Cerrado e como base de desenvolvimento da fronteira agrícola, disseminando novos padrões produtivos e culturais, estimulando a inserção de novas culturas e potencializando o desenvolvimento do agronegócio (Inocencio; Calaça, 2010; Agência Internacional de Cooperação do Japão, 2018). O Prodecer foi implantado em três fases: Prodecer I, II e III. O Prodecer I abrangeu áreas de Minas Gerais, enquanto o Prodecer II foi implantado em 1987 nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia. O Prodecer III foi implantado em 1990, abrangendo os estados do Maranhão e Tocantins (Bittar, 2011; Mendes; Ferreira, 2012). O Prodecer, com o Polocentro, desempenhou papel fundamental na migração de agricultores do Sul e Sudeste para o Brasil Central.

Após 1979, houve cortes orçamentários, inclusive com suspensão dos créditos rurais em 1981. Entretanto, o Estado continuou atuando no financiamento de pesquisa, na implantação de infraestrutura e no fornecimento de assistência técnica (Ganem et al., 2008b; Mendes; Ferreira, 2012). Segundo Wehrmann (1999 citado por Ganem et al., 2008b), o setor privado tornou-se um novo agente das políticas agrícolas como importante financiador, atuando na venda de máquinas, implementos, fertilizantes e defensivos e na aquisição antecipada da produção pela indústria.

O PND III, elaborado em 1979 e previsto para ser implantado em 1980, não foi concretizado, pois o Brasil passou a enfrentar sérias dificuldades de financiamento, comprometendo a sua capacidade de colocar em prática os programas de desenvolvimento econômico (Matos, 2002; Inocencio: Calaça, 2010). Os objetivos do PND III pouco se diferenciaram dos planos anteriores, mas reconheceram a agricultura e o desenvolvimento de novas fontes de energia como setores prioritários da economia brasileira. Na realidade, o PND III é considerado uma simples declaração de intenções do governo, preparado para o cumprimento de uma determinação legal, dadas as condições econômicas e políticas vigentes no período (Matos, 2002). Bresser Pereira (1998 citado por Matos, 2002) informou que o PND III refletiu a crise econômica e a crise do governo, que foi incapaz de formular um plano de ação coerente. Dessa forma, PND III marcou o fim do processo de planejamento como efetivo instrumento de controle da política econômica do País.

No início dos anos 1980, a Embrapa abandonou o enfoque sistêmico da pesquisa para voltar ao modelo difuso, visando atender à crítica de que ela, como instituição de grande porte, atuava apenas em pouco mais de 300 projetos, passando a atuar em mais de 3.000 projetos com os mesmos 2.000 pesquisadores do sistema. Por sorte, o Sistema Cooperativo Brasileiro já havia se instalado na região dos Cerrados, assumindo a função de validar as tecnologias geradas e de transferi-las aos cooperados e aos demais agricultores, atuando muito próximo às Empresas Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ematers).

Com a crise econômica e a adoção do modelo neoliberal defendendo a redução da ingerência do Estado na economia, houve um enfraquecimento nos mecanismos e programas de planejamento estatal. Em 1990, a Sudeco e a Embrater foram extintas. Investimentos no Sistema de Assistência Técnica e Extensão Rural foram reduzidos drasticamente, gerando prejuízos e retrocessos para o setor agrícola (Bianchini, 2014).

A Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) determinou, como competência do presidente da República, o envio ao Congresso Nacional do projeto de Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), além de propostas de orçamento conhecidas como Planos Plurianuais (PPAs). Dessa forma, em 1990, o governo Collor apresentou propostas para o PPA de Investimentos para a LDO que iria vigorar até 1995. O governo Collor também transferiu a Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República (Seplan-PR) para o Ministério da Fazenda e da Indústria e Comércio, originando o Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Segundo Matos (2002), nesse mesmo período de reforma, o Instituto de Planejamento Econômico Social foi transformado em Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), vinculado à área de política econômica, representando um retrocesso ao sistema de planejamento governamental brasileiro. O PPA foi relegado a apenas um cumprimento de exigências constitucionais, não mais orientando ações governamentais (Garcia, 2000, citado por Matos, 2002), situação agravada com a instauração do processo de impeachment do presidente da República e sua posterior renúncia, em dezembro de 1992.

Em 1996, o governo Fernando Henrique Cardoso encaminhou ao Congresso Nacional o segundo PPA (1996–1999), estabelecendo novos princípios de planejamento no Brasil, com a execução pelo Estado de parcerias público-privadas. A agricultura, considerada a “âncora verde” do Plano Real (Rodrigues, 1996), mas em desequilíbrio espacial e social (Matos, 2002), foi evidenciada no segundo PPA, tendo como objetivos principais: a) ganhos expressivos de produtividade; b) redução de custos e perdas; c) qualificação da mão de obra; d) zoneamento agrícola; e) maior eficiência no repasse de inovações tecnológicas aos produtores; f) erradicação de pragas e doenças; g) reconversão de atividades produtivas economicamente inviáveis face aos novos paradigmas de desenvolvimento (Rodrigues, 1996). O atendimento ao mercado interno e a conquista do mercado agrícola internacional também eram objetivos almejados (Matos, 2002).

Para que a agricultura atendesse aos objetivos propostos, o governo propôs metas no PPA relacionadas às ações simultâneas em irrigação, ampliação e modernização do transporte intermodal, pesquisa, difusão de informações e promoção da extensão rural, educação e profissionalização dos produtores e trabalhadores rurais, conservação ambiental, defesa agropecuária e redução da carga tributária incidente sobre o setor (Rodrigues, 1996; Matos, 2002). A política agrícola do governo, no período, tinha como desafio atingir os objetivos propostos e manter o estímulo à produção, reduzindo a interferência direta do Estado nos processos de comercialização e financiamento (Rodrigues, 1996). Dessa forma, a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) e o sistema de gestão de estoques públicos deveriam ser adaptados à crescente internacionalização dos mercados (Rodrigues, 1996; Matos, 2002). O Proagro, instituído por meio da Lei nº 5.969/1973 (Brasil, 1973) e revogado pela Lei nº 12.058/2009 (Brasil, 2009b), também deveria alcançar sustentação financeira e estimular a modernização tecnológica do setor. A exemplo de seu antecessor, o segundo PPA, apesar de melhor elaborado e considerando uma realidade mais complexa, também se reduziu em termos de cumprimento de exigências constitucionais, não orientando ações governamentais (Garcia, 2000, citado por Matos, 2002).

No final de 1988, o governo federal alterou o modelo conceitual e metodológico para a elaboração e gestão do PPA e dos orçamentos públicos. Dessa forma, o PPA 2000, também denominado *Avança Brasil*, com vigência de 2000 a 2003, adotou um modelo gerencial voltado à obtenção de resultados concretos medidos por seus efeitos à sociedade (Matos, 2002). O PPA 2000 apresentou um forte componente social, no qual foram previstos programas para a promoção do desenvolvimento, visando à geração de empregos, oportunidades de renda e redução das desigualdades inter-regionais. Especificamente para agricultura, os programas estratégicos do PPA 2000 foram concentrados na infraestrutura (estradas, irrigação e energia no campo) e programas finalísticos como agricultura de precisão, agricultura familiar (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf), conservação de solos na agricultura, reforma agrária e Prodecir (Brasil, 2000). Deve-se salientar, no entanto, que os recursos destinados aos programas finalísticos, diretamente ligados à agricultura, foram menores que aqueles destinados a outros setores.

A Sudeco foi recriada em 2009 pela Lei Complementar nº 129 (Brasil, 2009) e, em 2011, voltou a existir como uma instituição vinculada ao Ministério da Integração Nacional, com a finalidade de promover o desenvolvimento regional e com a competência de definir objetivos e metas econômicas e sociais para o desenvolvimento sustentável da região Centro-Oeste e de elaborar o Plano Regional de Desenvolvimento do Centro-Oeste, articulando-o com as políticas e os planos de desenvolvimento nacional, estaduais e municipais e, em especial, com a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (Brasil, 2011).

Em 2014, por meio do Decreto nº 8.252, criou-se a Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater). Dentre as competências da Anater, citam-se: a) promover, estimular, coordenar e implementar programas de assistência técnica e extensão rural, visando à inovação tecnológica e à apropriação de conhecimentos científicos de natureza técnica, econômica, ambiental e social; b) promover a integração do sistema de pesquisa agropecuária e do sistema de assistência técnica e extensão rural, fomentar o aperfeiçoamento e a geração de novas tecnologias e a sua adoção pelos produtores; c) promover a universalização dos serviços de assistência técnica e extensão rural para os agricultores familiares e os médios produtores rurais; d) promover a articulação prioritária com os órgãos públicos estaduais de extensão rural, visando compatibilizar a atuação em cada unidade federativa e ampliar a cobertura da prestação de serviços aos beneficiários (Brasil, 2014).

Apesar da retração da economia em alguns períodos, a agricultura acabou por se expandir e se diversificar, sobretudo no Cerrado, mesmo apesar das dificuldades impostas pelas políticas econômicas do governo (Matos, 2002). O Cerrado tornou-se um modelo de desenvolvimento, com o Estado tendo papel importante como agente financiador da modernização agrícola iniciada com a Revolução Verde (Bittar, 2011). A expansão e a diversificação agrícola desempenharam papel importante na economia e no abastecimento do mercado. Hoje, a agricultura é fundamental à economia do País, sobretudo, a agricultura praticada no Cerrado.

Pesquisa e transferência de tecnologia

Sistema institucional de pesquisa e assistência técnica rural

No passado, a falta de investimento em ensino, pesquisa e extensão colaborou para um problema crônico relacionado com o fato de o País se tornar o maior produtor mundial de determinado produto e, posteriormente, perder sua posição no mercado, como foi o caso do açúcar, da borracha, do cacau e do café (Schuh, 1971, citado por Mengel, 2015). Apesar do grande número de estações experimentais, a qualidade e o volume das pesquisas realizadas não supriam as necessidades até então existentes, consequência da falta de prioridade para o tema e da instabilidade de suporte financeiro (Mengel, 2015). Até a década de 1950, o modelo agrícola se fundamentou na expansão da fronteira agrícola, onde a pressão por aumento da pro-

atividade era pequena. A partir do governo João Goulart, a preocupação com a organização dos estabelecimentos rurais e o incentivo à pesquisa e à experimentação agropecuária tornaram-se mais evidentes. Entretanto, a mudança mais evidente viria com a reestruturação tecnológica do setor agrícola, priorizada pela intervenção estatal a partir de 1964, por meio da implantação de programas de governo e políticas públicas para o setor.

Dentre os principais programas e políticas públicas de governo, destaca-se a criação da Embrapa e da Embrater, que se tornaram um marco na pesquisa e na assistência técnica. Antes da criação da Embrapa, a pesquisa era realizada por órgãos ministeriais, universidades, instituições estaduais e algumas organizações privadas, que na maioria das vezes trabalhavam isoladas. A criação da Embrapa, por seus objetivos e atuação em âmbito nacional, promoveu a integração das instituições de pesquisa, sobretudo, órgãos ministeriais, estaduais e universidades, que passaram a trabalhar de forma mais agregada e colaborativa.

Para a implantação do novo modelo de extensão rural, foi instituída a Embrater (Brasil, 1974a, 1974b), com o principal objetivo de promover, estimular e coordenar programas de assistência técnica e extensão rural, visando à difusão de conhecimentos científicos de natureza técnica, econômica e social. No período de criação da Embrater, a extensão era um empreendimento de caráter tutorial e paternalista. Segundo Lisita (2017), os programas de extensão rural do período visavam persuadir os produtores a adotarem novas tecnologias, em que os conhecimentos empíricos e as reais necessidades do agricultor não eram considerados.

Deve-se salientar que a extensão rural no Brasil nasceu sob o comando do capital, com forte influência norte-americana, e que, durante os governos militares, ocorreram expansão e estruturação nacional dos serviços da Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) com a instituição de programas para abertura de novas fronteiras agrícolas no Cerrado e na Amazônia (Almeida, 2010; Lisita, 2017). Dessa forma, o Estado tornou-se o grande empreendedor e o agente financiador dos avanços capitalistas, tanto no campo quanto na indústria (Almeida, 2010). Com a instituição da Embrater, houve grande expansão do serviço de extensão rural no País. Em 1980, tais serviços haviam chegado em 78% dos municípios brasileiros, entretanto, como o papel da extensão era condicionado à existência do crédito agrícola, os pequenos agricultores familiares que não tiveram acesso ao crédito ficaram à margem desses serviços (Lisita, 2017).

Do início da década de 1980 até os dias atuais, em decorrência, sobretudo, do término do crédito agrícola subsidiado, iniciou-se no País uma nova proposta de extensão rural, preconizando a construção de uma “consciência crítica” em que o “planejamento participativo” constitui um instrumento de ligação entre os extensionistas e os produtores (Lisita, 2017). Com a extinção da Embrater e a descentralização de políticas públicas no País, houve a possibilidade de a sociedade civil organizada e de outros atores sociais, ligados às esferas federais, estaduais e municipais, participarem da operacionalização dos serviços de Ater (Almeida, 2010). A participação das organizações sociais ligadas aos movimentos de agricultores familiares foi am-

pliada por meio da regulamentação da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Almeida, 2010).

Pesquisa e assistência técnica antes da criação da Embrapa e da Embrater

O Brasil, na sua condição de colônia, enfrentou resistência de Portugal e da elite brasileira na criação de universidades. As tentativas de criação de universidades no Brasil foram postuladas pelos jesuítas, desde o século 16, com a negativa da Coroa portuguesa. Tentativas sem êxito continuaram até a transmigração da Família Real para o Brasil, quando começou, timidamente, a criação de cursos e academias (Favero, 2006). Especificamente na área agrária, foram criados, entre 1859 e 1860, institutos de agricultura que tinham, como atribuições principais, a pesquisa, o ensino agropecuário e a difusão de informações. Esses institutos foram denominados de Imperial Instituto Baiano de Agricultura (Brasil, 1859b), Imperial Instituto Pernambucano de Agricultura (Brasil, 1859a), Imperial Instituto de Agricultura Sergipano (Brasil, 1860b) e Imperial Instituto Fluminense de Agricultura (Brasil, 1860a).

O Imperial Instituto Baiano de Agricultura foi a primeira instituição *stricto sensu* de pesquisa e ensino superior agropecuário no Brasil, formando 273 engenheiros-agrônomo até 1904, contribuindo significativamente para a diversificação da economia do Recôncavo Baiano até 1911, quando foi extinto (Peixoto, 2008). Os demais institutos não chegaram a ter funcionamento efetivo, ou não atingiram os propósitos para os quais foram criados (Peixoto, 2008; Dabat; Peres, 2015).

Em 1860, foi criada a Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas por meio do Decreto nº 1.067/1860 (Brasil, 1860b). Esta Secretaria pode ser considerada precursora do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Peixoto, 2008). No final do Império no Brasil, em 1887, foi criada a Imperial Estação Agronômica de Campinas, hoje, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), instituição científica importante por ser uma das primeiras em sua especialidade e por se tornar, ao longo do século 20, uma das principais instituições de pesquisa e de desenvolvimento de tecnologia agrícola do País (Fundação Oswaldo Cruz, 2018). Ainda em relação à área de pesquisa, cita-se a criação em São Paulo do Instituto Bacteriológico em 1892, do Instituto Butantã em 1889 e do Instituto Biológico em 1928. No Rio de Janeiro, foi criado o Instituto Manguinhos em 1901, que chegou a organizar cursos para a formação de pesquisadores de nível superior (Souza, 1996).

Após a Proclamação da República, houve um movimento de expansão do ensino superior. Entre 1891 e 1910, foram criadas 27 escolas superiores, dentre elas, três de Agronomia (Souza, 1996). No período de 1877 a 1936, havia 28 cursos de Agronomia no País, sendo que destes, 11 ainda permanecem ativos e se constituem nas maiores e mais importantes universidades do País na área de ensino, pesquisa e extensão agrícola (Molina, 2012). São elas: Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq),

Universidade Federal de Lavras (Ufla), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal do Ceará (UFCE) e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Em 1906, o governo Afonso Pena recriou o Ministério dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio por meio do Decreto nº 1.606/1906, tendo a seu cargo estudos e despachos relativos à agricultura, veterinária, mercado, previsão de colheita e safras, dentre outros (Brasil, 1906). Em 1910, o Decreto nº 8.319 criou e regulamentou o ensino agrônomo em nível básico, médio e superior, compreendendo o ensino agrícola, de medicina veterinária, zootecnia e indústrias rurais. Esse decreto detalhou, ainda, atribuições relacionadas à assistência técnica e à extensão rural. Após a sua edição, vários decretos foram publicados (Tabela 1), instituindo campos de demonstração e fazendas-modelo de criação (Peixoto, 2008). A bibliografia cita, como primeira ação institucionalizada de extensão rural, a *Semana do Fazendeiro*, realizada em 1929 na Escola Superior de Agricultura e Veterinária, atual UFV.

Tabela 1. Decretos presidenciais para criação de campos de demonstração e fazendas-modelo.

Decreto presidencial	Objeto do decreto
Decreto nº 9.333/1912	Fazenda-Modelo de Criação, Valença, RJ
Decreto nº 9.613/1912	Campos de Demonstração, Villa do Conde, BA
Decreto nº 9.868/1912	Fazenda-Modelo de Criação, Uberaba, MG
Decreto nº 10.075/1913	Fazenda-Modelo de Criação, Caxias, MA
Decreto nº 11.875/1916	Fazenda-Modelo de Criação, Ilha de Marajó, PA
Decreto nº 11.876/1916	Fazenda-Modelo de Criação, Ponta Grossa, PR
Decreto nº 11.882/1916	Fazenda-Modelo de Criação, PE

Fonte: Peixoto (2008) e Gonçalves et al. (2016).

Em 1938, o governo federal fez a primeira tentativa de implantar um sistema nacional de pesquisas agrônomicas, criando vários institutos de pesquisas agrícolas, sendo o primeiro estabelecido no Rio de Janeiro (Diniz, 2006). Já no fim do Estado Novo, começaram a se delinear as primeiras iniciativas de constituição de um serviço de Ater nos moldes conhecidos hoje. Em 1945, o presidente Getúlio Vargas assinou o Decreto-Lei nº 7.449/1945, que dispõe sobre a organização da vida rural e estabelece que cada município deve possuir uma associação rural, composta por aqueles que desenvolvem atividades rurais (Brasil, 1945). As associações rurais tinham a finalidade de: a) articular os elementos da classe rural do município, a fim de poderem realizar as suas justas aspirações e de promover a defesa dos seus direitos e interesses, bem como o progresso e aprimoramento dos métodos agrícolas; b) realizar a difusão de ensinamentos agropecuários visando à melhoria das condições do habitat rural; c) controlar e orientar a fundação e organização de associações rurais, dentre outros (Brasil, 1945).

Em 1945, com auxílio dos Estados Unidos e apoio da Organização das Nações Unidas (ONU), o governo brasileiro criou a Comissão Brasileiro-Americana de Educação das Populações Rurais, um modelo americano de extensão rural que visava corrigir o atraso das zonas rurais (Fonseca, 1985, citado por Romaniello; Assis, 2015). A primeira experiência extensionista de campo ocorreu em 1948 em Santa Rita do Passa Quatro, SP. Nesse período em que se iniciava a institucionalização da extensão rural no Brasil, havia uma conjuntura social, política e econômica influenciada por dois fatos históricos bastante importantes: a Guerra Fria no cenário internacional e o período desenvolvimentista marcado pela industrialização no Brasil, com o fim da República Velha (Romaniello; Assis, 2015).

A temeridade que o ideal comunista atingisse o Brasil e outros países, comprometendo os interesses econômicos e políticos dos Estados Unidos, promoveu uma intervenção americana no Brasil e em outros países, por meio da criação de programas para o desenvolvimento da América Latina, Ásia e África (Romaniello; Assis, 2015; Gonçalves et al., 2016). O responsável pelas ações na América Latina foi Nelson Rockefeller, que também tinha interesses comerciais na região (Gonçalves et al., 2016). As ações dos programas de desenvolvimento e a intervenção americana na educação informal do Brasil foram viabilizadas pela implantação e pela institucionalização dos serviços de extensão rural (Romaniello; Assis, 2015).

As ações gerenciais de Nelson Rockefeller com o governo de Minas Gerais promoveram, no final de 1948, a criação da Associação de Crédito e Assistência Rural (Acar), uma entidade civil sem fins lucrativos para prestação de serviços de extensão rural e para elaboração de projetos técnicos para a obtenção de crédito com os agentes financeiros (Romaniello; Assis, 2015; Gonçalves et al., 2016). Na fundação da Acar, participaram a American International Association for Economic and Social Development (AIA), de cunho filantrópico, e a Corporação Internacional de Economia Básica (Ibec), empresa com fins lucrativos que produzia insumos agropecuários, garantindo a expansão dos negócios norte-americanos na região (Gonçalves et al., 2016).

A primeira avaliação da Acar, efetuada por técnicos americanos, mostrou que os resultados não foram satisfatórios, concluindo-se pela mudança na estratégia de trabalho. Dessa forma, a partir de 1952, a extensão foi proposta como uma atividade educativa. Em 1954, o governo brasileiro, em cooperação com o governo norte-americano, criou o Projeto Escritório Técnico da Agricultura, objetivando a execução de projetos para o desenvolvimento da agropecuária nacional, tendo, como base de ação, a assistência técnica e o crédito rural (Romaniello; Assis, 2015). A extensão rural foi coordenada por esse escritório com o qual as associações mantinham convênio com prazo definido (Sepulcri; Paula, 2017).

Em 1956, Juscelino Kubistchek, com ajuda de Nelson Rockefeller, expandiu o programa de crédito supervisionado de Minas Gerais para todo o restante do País, surgindo, assim, a Associação Brasileira de Crédito e Assistência Rural (ABCAR) (Romaniello; Assis, 2015). A ABCAR foi uma entidade sem fins lucrativos, destinada a coordenar o Serviço Brasileiro de Extensão Rural, desenvolvendo ações para sistematizar o traba-

Iho extensionista no País, sendo também responsável pela captação e distribuição de recursos financeiros e pelo intercâmbio de conhecimentos entre as filiadas dos estados (Sepulcri; Paula, 2017).

Em 1962, a Lei Delegada nº 9/1962 reorganizou o Ministério da Agricultura, impulsionando a pesquisa agrícola (Diniz, 2006). Esta lei criou uma série de institutos de pesquisa e experimentação, vinculados ao ministério, dentre os quais se destacam o Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Oeste, sediado em Sete Lagoas, MG, o Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Oeste, sediado no Mato Grosso, além de outros órgãos estaduais e federais envolvidos nos processos de pesquisa e desenvolvimento da agricultura do Cerrado (Brasil, 1962; Diniz, 2006).

No início da década de 1960, foi elaborado o Plano Diretor Quinquenal de Extensão Rural (1961 a 1965), que consolidou o Sistema Brasileiro de Extensão Rural (Siber), mais tarde denominado Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural (Sibrater) (Sepulcri; Paula, 2017). Em 1964, a Lei nº 4.504, denominada Estatuto da Terra, criou o Instituto Brasileiro de Reforma Agrária e o Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário (Brasil, 1964). Esta lei foi apresentada como uma lei de reforma agrária que objetivava a modernização dos latifúndios e a consolidação dos minifúndios em empreendimentos capitalistas, mas, segundo Romaniello e Assis (2015), os grandes proprietários consideraram-na como um risco de desapropriação de terras, fato que acabou mobilizando os grandes proprietários de terra para a derrubada do governo, acusado de realizar projetos comunistas.

O Decreto Federal nº 58.382/1966 (Brasil, 1966) trouxe mudanças na Coordenação Nacional de Extensão Rural, que passou a ser coordenada pelo Ministério da Agricultura, por meio do Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário, e executada pela ABCAR e pelas associações estaduais e ela filiadas. O governo de São Paulo não aderiu ao Sibrater. Para coordenar e executar a Ater no estado, o governo paulista criou, em 1968, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (Cati), vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura. O Instituto Brasileiro de Reforma Agrária e o Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário foram extintos pelo Decreto-Lei nº 1.110/1970, que criou o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) (Brasil, 1970) com a missão de realizar a reforma agrária, manter o cadastro nacional de imóveis rurais e administrar as terras públicas da União (Romanielli; Assis, 2017).

A pesquisa agropecuária pública, até o início de 1970, era realizada por meio dos institutos de pesquisas agropecuárias vinculados ao governo, destacando-se o Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, o Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, o Instituto Brasileiro do Café e o Instituto do Açúcar e Alcool. Algumas universidades também se destacaram na pesquisa agropecuária como a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade de Brasília (UnB) e Escola Superior de Agronomia de Lavras (Esal) – que em 1994 se tornou Universidade Federal de Lavras (Ufla), além de instituições estaduais como IAC e Cati-SP, Fundação Zoobotânica-DF e organizações privadas como IBEC Research Institute (IRI) e Cooperativa Agrícola de Cotia, SP.

Até o início da década de 1970, as políticas de investimento, extensão e crédito rural implementadas não promoveram o aumento da produção agrícola no ritmo demandado. Diante desse cenário e pelo fato de as pesquisas na área agrícola se desenvolverem na maioria das vezes isoladas, o governo concluiu pela criação da Embrapa em 1972 (Brasil, 1972). A Embrapa foi inaugurada em 1973, com a missão de promover, estimular, coordenar e executar atividades de pesquisa e com o objetivo de produzir conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento agrícola do País. Em 1974, foi criada a Embrater, vinculada ao Ministério da Agricultura, por meio da Lei nº 6.126/1974 (Brasil, 1974), e regulamentada pelo Decreto nº 75.373/1975 (Brasil, 1975). Para alcançar as metas de modernização agrícola, propostas pelo governo militar, foi instituída, em 1974, a Comissão Nacional de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, a fim de articular as operações de pesquisa e extensão. Determinou-se que a Embrapa e a Embrater deveriam executar suas atividades de forma integrada e apoiar financeiramente as instituições estaduais de pesquisa e extensão (Bergamasco et al., 2017). Juntamente com o crédito rural subsidiado, essa estratégia se tornou um dos principais instrumentos do governo para modernizar a agricultura.

Com a criação da Embrapa, a maior parte dos institutos de pesquisa e de experimentação agropecuária, criados por meio da Lei Delegada nº 9/1962 (Brasil, 1962), ficou reunida ou subordinada à Empresa, conforme a missão e os objetivos para os quais a Embrapa foi criada (Diniz, 2006). A retirada da pesquisa agropecuária do Ministério da Agricultura e a sua transferência para a esfera de comando da Presidência da República, por meio da criação da Embrapa, representaram uma nova direção e um novo conceito de execução na pesquisa agropecuária brasileira, em que o sistema de produção deveria ser priorizado. Por sua vez, o surgimento da Embrater expandiu o serviço de extensão rural no País de 10% dos municípios atendidos em 1960 para 78% em 1980 (Lisita, 2017). Assim, o modelo produtivo agropecuário adotado no Brasil foi implantado graças a uma ação conjunta e organizada pelo tripé ensino, pesquisa e extensão. Portanto, universidades, órgãos de pesquisa e de extensão rural foram os responsáveis pela introdução dos pacotes tecnológicos voltados para a utilização intensiva de insumos e máquinas, com o objetivo de aumentar a produtividade (Lisita, 2017).

Embrapa e a pesquisa agropecuária brasileira

Com a criação da Embrapa, surgiu um novo conceito de execução da pesquisa agropecuária, que culminou na inovação institucional dos programas de ciência e tecnologia no País. Esse novo conceito rompeu com as metodologias adotadas pelo Ministério da Agricultura que, na época, realizava projetos de pesquisa difusos, dispersos e, por vezes, sem conexão com as reais necessidades de mercado e do produtor rural (Cabral, 2005). Para Eliseu Alves, um dos fundadores da Embrapa, citado por Mengel (2015, p. 88),

[...] a retirada da pesquisa agropecuária da égide do Ministério da Agricultura e a recolocação diretamente sob o domínio da Presidência da República, [...] foi uma maneira de retirar parte do poder

da Sociedade Nacional de Agricultura (SNA) nas disputas pelos rumos da agropecuária nacional, através da garantia de plenos poderes aos dirigentes da empresa.

Ante os novos rumos da pesquisa agropecuária, a Embrapa, em relação ao seu antecessor, não visava apenas ao desenvolvimento de uma cultivar, um híbrido ou ao planejamento de uma propriedade, mas a um sistema de produção em que pesquisadores de diversas áreas atuavam de forma multidisciplinar e colaborativa. Esta visão estratégica e a nova forma de trabalho deveriam produzir cultivares que respondessem positivamente aos insumos, possibilitar o fornecimento de matéria-prima de qualidade para as empresas processadoras e atingir ganhos de produtividade crescentes aos diferentes atores envolvidos no processo agroindustrial ante a integração agricultura-indústria (Mengel, 2015). Diante dos desafios e do novo modelo de pesquisa, a Embrapa criou centros de pesquisa que estão presentes em 24 das 27 unidades da Federação. A criação dos centros de pesquisa por produto na Embrapa teve grande influência das comissões nacionais por produto e dos institutos de pesquisa e de experimentação agropecuária. Além dos centros de produtos, foram criados centros que objetivavam o aumento da produção agrícola nos biomas Cerrado, Caatinga e Amazônia, prioridades estratégicas do governo militar para ocupação do território (Mengel, 2015).

As universidades, sobretudo aquelas com tradição no ensino, pesquisa e extensão agrícola, continuaram contribuindo com a pesquisa agropecuária de forma mais colaborativa, por meio das parcerias firmadas nos diversos setores. Um exemplo das transformações na pesquisa agropecuária brasileira foi a instituição da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), criada em 1974 por meio da Lei nº 6.310/1974 (Minas Gerais, 1974). A Epamig tornou-se a principal instituição de execução de pesquisa agropecuária no estado. Em 6 de agosto de 1974, um convênio celebrado entre o governo do estado, o Ministério da Agricultura e a Embrapa atribuiu à Epamig a função de administrar e coordenar a pesquisa agropecuária no âmbito do estado de Minas Gerais (Epamig, 2018). Em 1976, foi consolidado o Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária com a participação da Epamig, UFV, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Esal, integrando-se as ações de pesquisa em nível estadual (Epamig, 2018).

Alguns programas de desenvolvimento e de cooperação técnica tiveram papel importante no desenvolvimento e na expansão da agropecuária brasileira, destacando-se o Polocentro e o Prodecer. Esses programas, por meio de suas ações e parcerias, tiveram papel fundamental na expansão das áreas de plantio de culturas com maior rentabilidade no Centro-Oeste. A produção de grãos e de sementes oleaginosas aumentou mais de cinco vezes no período entre 1977 e 2017, enquanto a área cultivada aumentou apenas 63%. Nesse mesmo período, a produção de carne bovina, suína e de aves apresentou um crescimento de 642% (Embrapa, 2018). Grande parte dessas conquistas foi protagonizada pela pesquisa agropecuária de instituições de pesquisa e de universidades que contribuíram para a oferta de alimentos a um preço mais baixo (Figura 1) em prol da sociedade.

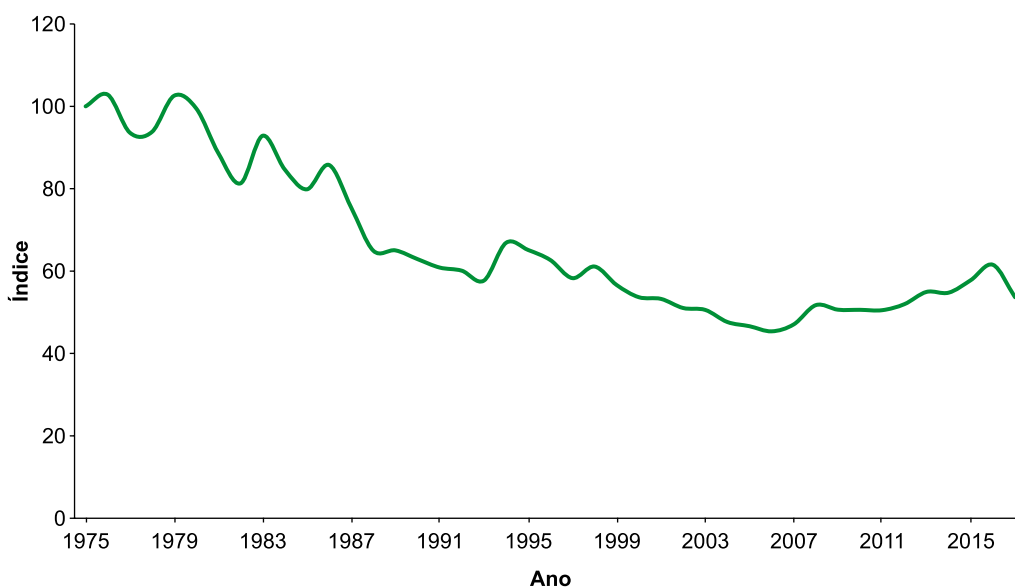


Figura 1. Índice de preços da cesta básica na cidade de São Paulo, de 1975 a 2017 (1975 = 100).

Fonte: Embrapa (2018).

Estudos realizados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Usda) mostraram que, entre 2006 e 2010, o rendimento da agropecuária no Brasil aumentou 4,3% ao ano, seguido pela China (3,3%), Chile (3,1%), Japão (2,9%), Argentina (2,7%), Indonésia (2,6%), Estados Unidos (1,9%) e México (1,5%) (Brasil, 2018). Dados do Ministério da Agricultura mostraram que a média de crescimento da produtividade agropecuária no Brasil foi de 3,6% no período de 1975 a 2015. Considerando somente a década de 2000, a média da produtividade foi de 4,1% (Brasil, 2018). Esse crescimento da agricultura com base na produtividade deve-se, sobretudo, ao emprego de tecnologias, dentre as quais se destacam como essenciais: a) a viabilização da segunda safra de verão (safrinha); b) a resistência genética às principais doenças; c) o plantio direto na palha (Brasil, 2018); d) o desenvolvimento de variedades de culturas para regiões tropicais; e) o melhoramento de pastagem; f) a fixação biológica de nitrogênio em soja (Lopes; Alves, 2013).

O aumento da produção e o ganho de produtividade da agropecuária, obtido nos últimos anos, possibilitaram ao País deixar de ser importador de alimentos e tornar-se um expressivo exportador de produtos agropecuários. Em 2013, o Brasil era o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, etanol e suco de laranja, além de liderar o ranking das vendas externas do complexo de soja (grão, farelo e óleo), o principal gerador de divisas cambiais (Embrapa, 2013).

As exportações do agronegócio atingiram US\$ 6,16 bilhões em janeiro de 2018, com alta de 4,9% sobre o mesmo período em 2017, enquanto as importações tiveram redução de 2,7%, passando a US\$ 1,24 bilhão. Esses desempenhos permitiram um saldo comercial de US\$ 4,92 bilhões em janeiro de 2018, ante os US\$ 4,60 bilhões

em janeiro de 2017 (Sociedade Nacional de Agricultura, 2018). Do total das exportações brasileiras em janeiro de 2018, o agronegócio contribuiu com 36,3%. Das exportações do agronegócio no período, destaca-se a participação dos seguintes produtos: carnes (19,3%); produtos florestais (18,7%); complexo soja (16,8%); complexo sucroalcooleiro (10,3%); cereais, farinhas e preparações (8,9%) (Sociedade Nacional de Agricultura, 2018). No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo era brasileiro, e, com a produção e a produtividade obtidas e as exportações em ritmo crescente, estima-se que até 2030 um terço dos produtos comercializados no mercado mundial sairá dos campos brasileiros (Embrapa, 2013).

Papel da pesquisa na produtividade agrícola e no desenvolvimento do Cerrado

O ano de 1975 representou um marco de referência para o Centro-Oeste e para o Cerrado de outras regiões graças à criação do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (hoje denominado Embrapa Cerrados), da Embrater e do Polocentro. Para Cabral (2005), a ocupação do Cerrado nas últimas três décadas constituiu-se na síntese da proposta de criação da Embrapa. O autor informou, ainda, que a ocupação foi uma decisão corajosa, segura e consciente do governo, convencido das potencialidades para desenvolver sistemas agropecuários competitivos. As pesquisas da Embrapa, sobretudo da Embrapa Cerrados, puseram fim ao paradigma, até então dominante, de que as terras do Cerrado eram impróprias à agricultura intensiva, por causa da predominância de solos ácidos e deficientes na maioria dos nutrientes e, portanto, de baixa fertilidade natural. As pesquisas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados e parceiros também possibilitaram a introdução, a domesticação e a tropicalização de espécies, demonstrando a viabilidade da intensificação e da diversificação da produção agrícola da região, tornando o Cerrado um dos maiores produtores mundiais de grãos, carne, fibras e energia.

Em 1975, a produção de soja no Cerrado era praticamente inexistente; hoje corresponde a aproximadamente 46,6% da produção brasileira (Tabela 2), equivalente a 15% de toda a soja produzida no mundo. Em meados da década de 1970, o Cerrado produzia 21% das 10 milhões de toneladas de milho produzidas no Brasil (Oliveira, 2018). Em 2015, a produção de milho foi de 41,22 milhões de toneladas, correspondendo a 48,3% da produção nacional. O Cerrado ainda é responsável por 95,7% da produção de algodão e em torno de 40% do café produzido no País (Gomes, 2017). O Cerrado concentra 34,6% do efetivo bovino do País, distribuídos em uma área de mais de 63 milhões de hectares.

Uma análise histórica de longa duração realizada pelo IBGE constatou retração nas áreas tradicionais de produção de cana na costa nordestina e do norte fluminense, e a expansão no bioma Cerrado a partir da área de modernização consolidada de Ribeirão Preto, SP. As plantações de cana se expandiram de Ribeirão Preto para oeste-sudoeste, em direção aos planaltos do Rio Paraná, incluindo o Triângulo Mineiro, o centro-sul de Goiás e o sul do Mato Grosso do Sul (IBGE, 2018). Hoje o Cerrado é responsável por mais de 48% da produção de cana no Brasil (Tabela 2), salientando-

se que o Cerrado do estado de São Paulo, representando 1% do território nacional, concentra um terço de toda a área de cultivo da cana no País (IBGE, 2018).

Tabela 2. Produção agropecuária do Cerrado e sua participação na produção nacional para o ano de 2015.

Produto	Brasil		Cerrado	
	Produção	Área (ha)	Produção	Área (ha)
Milho	85.275.798 t	15.750.653	41.225.699 t	6.836.871
Soja	97.456.614 t	32.203.442	45.403.903 t	15.499.930
Algodão	4.066.777 t	1.047.619	3.853.452 t	985.476
Cana	748.593.904 t	10.160.600	361.881.023 t	4.742.226
Rebanho bovino	215.166.010 cabeças		74.410.017 cabeças	
Área de pastagem		175.361.557		63.093.271

Fonte: Adaptado de Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (2018).

Estudos realizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) mostram que as médias de produtividade das lavouras do Cerrado são superiores às médias nacionais. Os dados indicaram que a média de milho produzido no Cerrado chega a ser 233% maior que a brasileira. O feijão em Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal apresentou incremento de 158% comparado a outros estados. Já a produtividade de soja no Cerrado chegou a superar em até 49% a média nacional (Guimarães, 2013). O rendimento das lavouras do Cerrado em patamares próximos ou superiores ao de regiões com solos naturalmente férteis deve-se, sobretudo, à pesquisa e à tecnologia empregada.

Na sequência, são apresentadas algumas das principais tecnologias que permitiram o desenvolvimento do Cerrado, elevando-o ao patamar que se encontra hoje, assim como algumas das tecnologias que apresentam grande potencial para o contínuo desenvolvimento da região. Atualmente, existem mais de 400 tecnologias cadastradas no Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa para o Cerrado, dentre as quais constam cultivares, sistemas de produção e metodologias.

Tecnologias para o desenvolvimento da produção agrícola no Cerrado

Tecnologias de correção e manutenção da fertilidade dos solos

Um dos componentes mais importantes para o desenvolvimento da agricultura foi a pesquisa em fertilidade do solo e as inovações científicas e tecnológicas que permitiram o uso eficiente de corretivos e de fertilizantes na agricultura brasileira (Lopes; Guilherme, 2007). Essas pesquisas derrubaram o paradigma vigente até a década de

1970 de que as terras do Cerrado eram impróprias à agricultura intensiva. Os principais fatores limitantes da fertilidade para o uso agrícola dos solos do Cerrado foram estudados pelos institutos de pesquisa da época (exemplo: IBEC Research Institute, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Oeste – Ipeaco e IAC), entretanto, não havia recomendações estabelecidas para o uso de fertilizantes ou corretivos. Coube à Embrapa Cerrados, criada com o objetivo principal de desenvolver sistemas agrícolas viáveis para a região, a missão de aprofundar os conhecimentos e manejar a fertilidade desses solos (Embrapa, 2018). A parceria da Embrapa Cerrados e demais Unidades da Embrapa com organizações internacionais, sobretudo, a Japan International Cooperation Agency (Jica), o Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e empresas estaduais de pesquisa agropecuária, possibilitou o desenvolvimento de tecnologias de manejo da fertilidade do solo, descritas e relatadas por Goedert (1986) e Sousa e Lobato (2004).

As principais tecnologias de manejo da fertilidade do solo estão relacionadas à correção da acidez do solo, à adubação fosfatada, à adubação potássica, à adubação nitrogenada e de micronutrientes (Castelões, 2016b). As primeiras pesquisas conduzidas permitiram a recomendação de doses de calcário para sistemas de culturas anuais e posteriormente para culturas anuais em sistema de plantio direto nas camadas superficiais. Seguindo-se às pesquisas nas camadas superficiais, foram iniciadas pesquisas na camada subsuperficial, o que permitiu recomendações para o uso do gesso na correção da acidez subsuperficial dos solos do Cerrado para culturas anuais e perenes. Segundo Martinhão, além dos ganhos de produtividade, essa tecnologia possibilitou a destinação do “gesso agrícola”, um subproduto das indústrias de fertilizantes fosfatados. Martinhão (2016 citado por Castelões, 2016b) indicou que, para cada quilograma de adubo aplicado, a produtividade de grãos aumentou em 8 kg/ha. Para a correção da acidez superficial e subsuperficial, a taxa de retorno com uso de calcário é de 1 para 10, e com o uso de gesso, chega a 1 para 25.

A tecnologia para a correção da acidez do solo também destaca a recomendação para gramíneas e leguminosas forrageiras, classificadas quanto ao grau de exigência de fertilidade do solo. O trabalho de pesquisa em rede permitiu a proposição de tabelas de interpretação da análise de fósforo e recomendações de adubação fosfatada para solos do Cerrado de diferentes texturas (Figura 2). O modo de aplicação da adubação fosfatada a lanço, também objeto de pesquisa, passou a ser adotado em várias regiões do Cerrado, podendo contribuir com a logística do plantio das culturas de soja precoce e milho safrinha, além de proporcionar aumento da produtividade do milho safrinha (Castelões, 2016b).

Crítérios para cálculo de doses de potássio (K), modos de aplicação e parcelamento do fertilizante potássico foram estabelecidos para culturas anuais. Mais recentemente, em razão do preço e do estoque finito de algumas fontes de fertilizantes, tem-se avaliado o potencial de fontes alternativas de fertilizantes, como os agrominerais silicáticos. Recomendações de adubação nitrogenada para as principais culturas anuais, perenes e pastagem no Cerrado foram propostas considerando a demanda

de nitrogênio (N) da cultura em razão da expectativa de produtividade, estimativas da capacidade de suprimento de N do solo, textura do solo e eficiência de utilização pelas culturas do fertilizante nitrogenado aplicado. Dentre os benefícios das tecnologias de correção e manutenção da fertilidade dos solos, destacam-se o aumento de produtividade, a incorporação das áreas de Cerrado à agricultura em grande escala e a ampliação da fronteira agrícola.

Foto: Thomaz Adolpho Reim



Figura 2. Experimento com adubação fosfatada conduzido na Embrapa Cerrados, onde a soja de menor porte não recebeu adubação fosfatada.

Zoneamento Agrícola de Risco Climático

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), iniciado na Embrapa Cerrados em 1995, é uma tecnologia que reúne e integra informações sobre solos, plantas e clima, elencando as datas e as áreas mais propícias para as culturas de grãos e demais culturas comerciais do Brasil. O Zarc se transformou em política pública integrando o Proagro e norteando a política agrícola brasileira (Figura 3). Entre os benefícios da tecnologia, destacam-se a definição dos melhores locais e das épocas de plantio para as principais culturas brasileiras e a queda nos valores pagos aos seguros-safra.

Conservação, uso e manejo de recursos naturais

Existem dois processos distintos na conservação, uso e manejo de recursos naturais do Cerrado. O primeiro refere-se ao levantamento e à caracterização dos recursos naturais, com levantamentos florísticos, de fauna, fitofisionômicos e entomológicos, além de estudos sobre a biogeografia de espécies lenhosas, dentre outros.

Esses estudos permitiram a caracterização das fitofisionomias (Figura 4) e o levantamento de mais de 12 mil espécies vegetais, muitas delas endêmicas.

Num segundo momento, as informações e os conhecimentos acumulados sobre os recursos naturais embasaram os estudos e as pesquisas sobre o aproveitamento dos recursos naturais, a domesticação de espécies da flora, a restauração ambiental e o manejo integrado de pragas. Para efeitos de exemplificação, citam-se a detecção, mapeamento da ocorrência e proposições para o manejo de *Helicoverpa armigera* no Brasil, o programa de melhoramento do maracujá, as pesquisas com macaúba para fins energéticos – biodiesel, a restauração ecológica das fitofisionomias do bioma Cerrado, a tecnologia de produção de mudas de espécies nativas, dentre tantos outros.

A restauração ecológica das fitofisionomias do bioma Cerrado e demais biomas conta atualmente com uma plataforma virtual denominada WebAmbiente³, que contempla o maior banco de dados já produzido no Brasil sobre espécies vegetais nativas e as estratégias para recomposição ambiental e que auxilia tomadas de decisão no processo de adequação ambiental da paisagem rural.

O programa de melhoramento de maracujá da Embrapa já lançou quatro cultivares de maracujazeiro-azedo (BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado, BRS Sol do Cerrado e BRS Ouro Vermelho), uma cultivar de maracujazeiro silvestre (BRS Pérola do Cerrado) e três de maracujazeiro ornamental (BRS Estrela do Cerrado, BRS Rubiflora e BRS Roseflora).

Manejo e conservação dos solos do Cerrado

A visão sobre conservação do solo foi mudando ao longo dos anos e de acordo com as tecnologias desenvolvidas. Inicialmente, a conservação do solo era sinônimo de controle da erosão e depois foi relacionada ao sistema de preparo e manejo de solo, com ênfase no plantio direto. Na Figura 5 ilustra-se desempenho do sistema plantio convencional (SPC) e do sistema plantio direto (SPD) na conservação do solo. Pesquisas mostram que, no SPD, a palha, mantida à superfície (Figuras 5C e 5D), contribui para a manutenção e para o aumento da matéria orgânica do solo, promovendo o sequestro de carbono e reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (GEE), além de minimizar os impactos causados por práticas anteriores de revolvimento do solo e de incorporação ou eliminação de palhada (Figuras 5A e 5B) (Carvalho et al., 2009, 2010).

As pesquisas na área de manejo e conservação do solo permitiram recomendar o SPD para cultura de grãos e para a cana-de-açúcar no Cerrado (Carvalho et al., 2009, 2010; Santos Júnior et al., 2015; Castelões, 2016a). Dentre os benefícios das tecnologias de manejo e da conservação do solo destaca-se o controle da erosão.

³ Sistema de informação interativo desenvolvido em parceria com Embrapa, Mapa e MMA. Disponível em: <<https://www.webambiente.gov.br/>>.

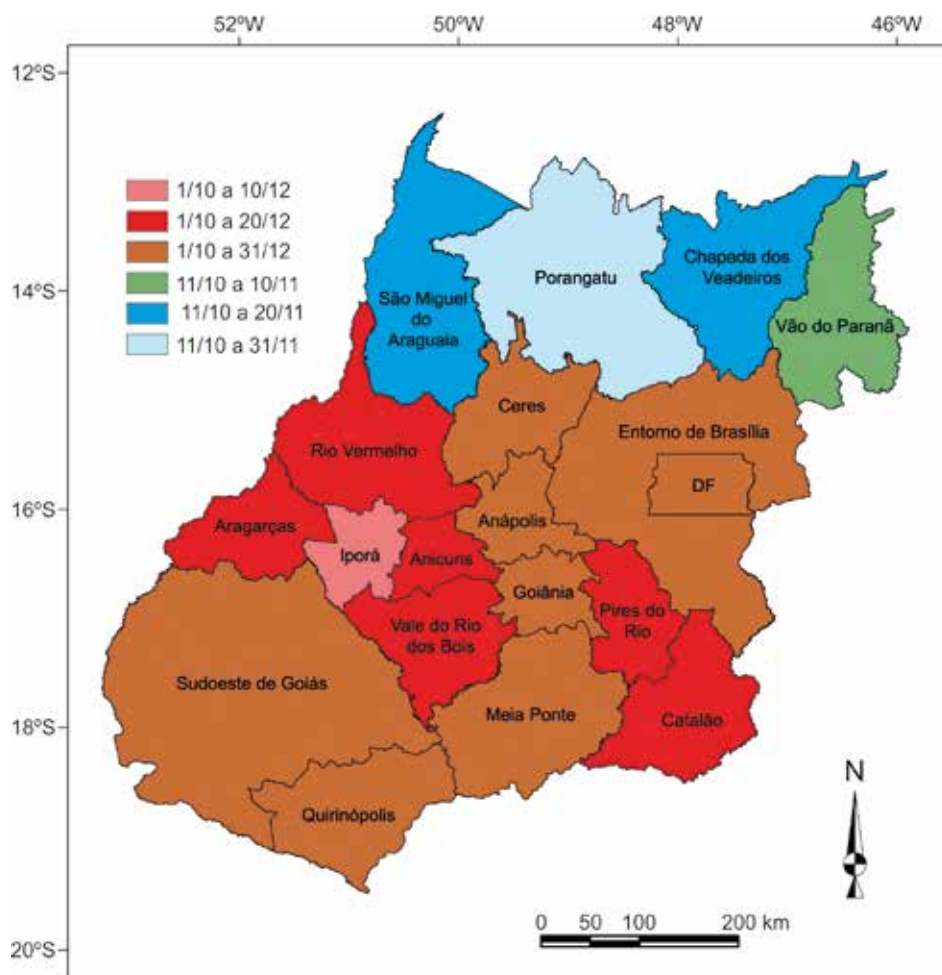


Figura 3. Distribuição espacial, por microrregiões, das épocas de semeadura com menor risco climático para implantação do cultivo do milho (*Zea mays*) de ciclo tardio (140 dias), em semeadura simultânea com a braquiária (*Brachiaria brizantha* Syn. *Urochloa brizantha* 'Marandu'), em solos com teores de argila entre 15% e 35% e com capacidade de armazenamento de água de 40 mm, no estado de Goiás e no Distrito Federal.

Fonte: Silva e Evangelista (2016).

No contexto das mudanças, a mitigação da emissão de GEE promovida pelo SPD assume promissor papel de destaque.

Manejo da irrigação e gestão de recursos hídricos

As primeiras soluções tecnológicas relacionadas ao manejo da água visavam à irrigação e ao controle da água aplicada. As tecnologias seguintes contemplaram o manejo por meio do monitoramento da água no solo para arroz, cevada, feijão, milho, soja e trigo. Por fim, o manejo da irrigação e o estresse hídrico na cultura do cafeeiro para uniformização da florada (Lobato, 2016c) (Figura 6).

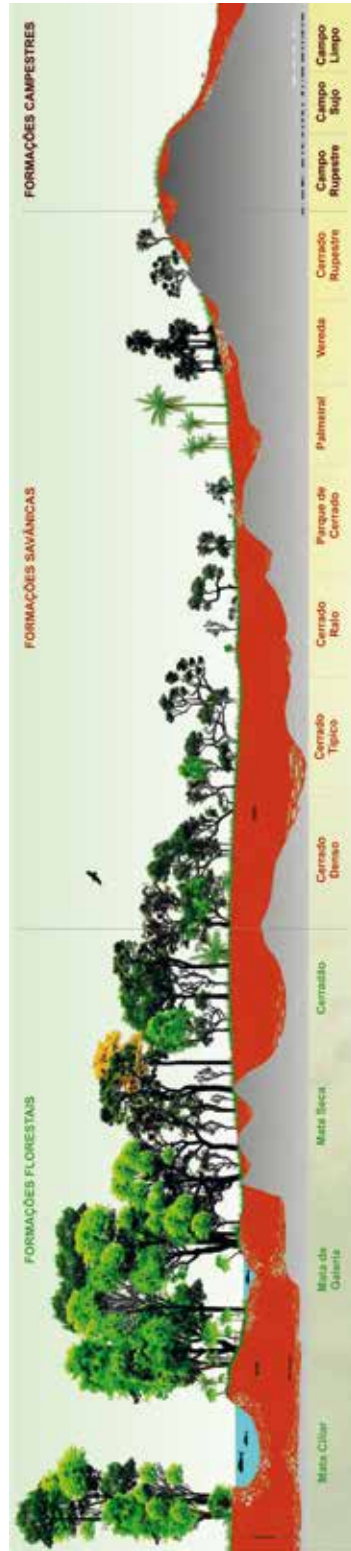


Figura 4. Fitofisionomias do bioma Cerrado.

Fonte: Ribeiro e Walter (2008).

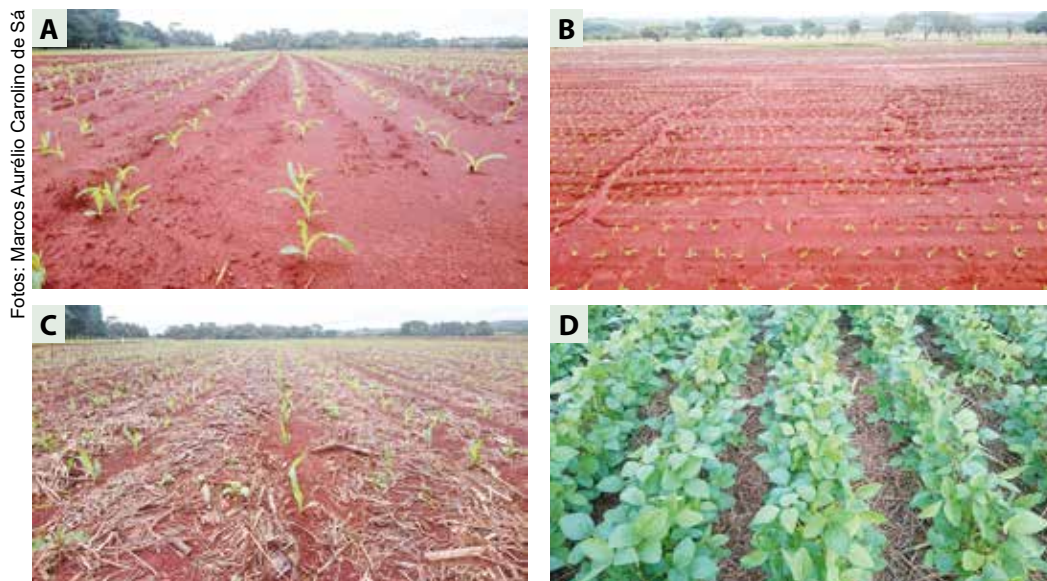


Figura 5. Detalhe da superfície de solo exposto com plantio convencional de milho (A) e a formação de sulcos de erosão após chuva intensa (B). Vista panorâmica de plantio de milho sob sistema plantio direto (C) e detalhe da cobertura do solo proporcionada pela soja 50 dias após plantio direto sobre palhada de milho consorciado com braquiária (D). Experimento de longa duração conduzido na Embrapa Cerrados em Planaltina, DF desde 1979–1980.



Figura 6. Vista panorâmica e em detalhe de café irrigado com uniformização da floração.

Na área de gestão dos recursos hídricos, destacam-se os seguintes estudos: a) contribuição hídrica do bioma Cerrado para as grandes bacias brasileiras (Figura 7); b) macrozoneamento da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas do Cerrado; d) zoneamento da demanda hídrica em bacias para cana-de-açúcar; e) mapeamento da área irrigada por pivô central no Cerrado, comparando a oferta e demanda de água, estimando a demanda e os conflitos de uso de água, a metodologia que deverá ser implementada em nível nacional pela Agência Nacional de Águas (Lobato, 2016c).

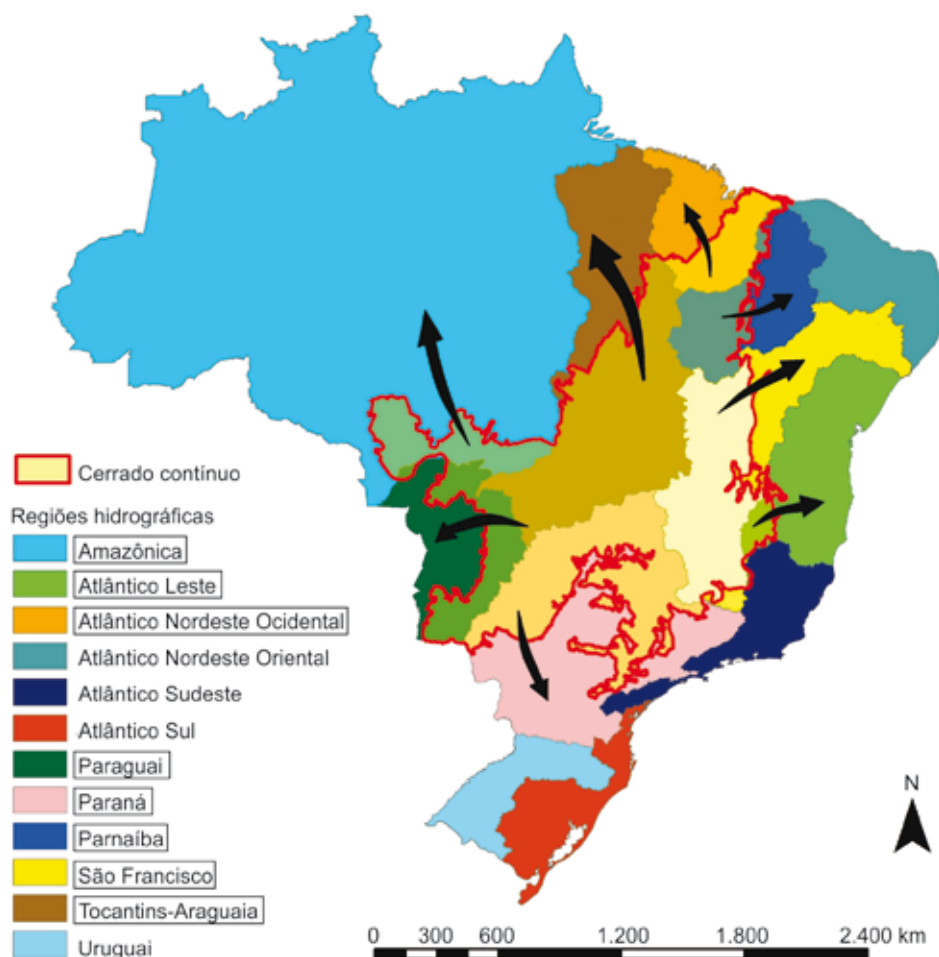


Figura 7. Contribuição hídrica do bioma Cerrado para as bacias Amazônica, Tocantins/Araguaia, Paraguai, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Leste e Paraná.

Nota: As regiões destacadas na legenda são aquelas que recebem contribuições hídricas do bioma Cerrado.

Fonte: Adaptado de Lima e Silva (2007).

As tecnologias relacionadas ao manejo da irrigação e gestão dos recursos hídricos, além de subsidiar políticas públicas, possibilitaram a uniformização da florada e o amadurecimento de frutos de café, o zoneamento da demanda hídrica para cana-de-açúcar, a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do Cerrado, dentre outros.

Fixação biológica de nitrogênio

Os estudos sobre fixação biológica de nitrogênio (FBN) iniciaram-se em 1975, e em um curto espaço de tempo foram selecionadas estirpes de rizóbio adaptadas aos solos do Cerrado. Em 1980, foram lançadas as primeiras estirpes Semia 5019 (29W) e Semia 587 para inoculação da soja e, em 1993, as estirpes Semia 5080 e Semia 5079

(Mendes, 2018), utilizadas até hoje na inoculação da soja, promovendo um aumento de produtividade da ordem de 9% (Caldas, 2016c). Na Figura 8 aponta-se a diferença no desenvolvimento da soja quando inoculada com rizóbio e quando não inoculada.



Foto: José Roberto Rodrigues Peres

Foto: Fabiano Bastos

Figura 8. Desenvolvimento da cultura da soja em razão da inoculação com rizóbio, em experimento realizado na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. À direita, a foto de raízes colonizadas por rizóbios.

A fixação biológica também é indicada para a cultura do feijão, embora as respostas à inoculação sejam diferenciadas em razão das cultivares de feijão. Estirpes recomendadas para a inoculação em feijoeiro estão disponíveis desde 1980, mas essa tecnologia ainda não é amplamente adotada, apesar de estudos mostrarem que algumas estirpes chegam a quadruplicar os resultados obtidos (Caldas, 2016c). As pesquisas com FBN são contínuas e atualmente apresentam os desafios de coinoculação, pré-inoculação e tratamento de sementes de feijão e soja, fixação em gramíneas e estudos sobre os impactos das mudanças climáticas nas condições edafoclimáticas do Cerrado. Dentre os benefícios da tecnologia de FBN estão o aumento de produtividade e a economia no uso de fertilizantes nitrogenados. Pode-se dizer que a inoculação promove um efeito poupa-insumo, e a economia promovida pela inoculação da soja é estimada em US\$ 13 bilhões ao ano (Mendes, 2018).

Melhoramento e manejo de pastagens

A área total de pastagens no País se manteve relativamente estável entre o período de 1975 e 2006 (IBGE, 2018). Nesse mesmo período, a área de pastagem nativa cedeu lugar às pastagens plantadas, aumentando a taxa de lotação e, conseqüentemente, a produtividade (Lobato, 2016a).

Entre 85% e 90% dos bovinos de corte no País é criado exclusivamente a pasto, o que está diretamente associado às inúmeras cultivares de forrageiras lançadas pela Embrapa e demais instituições de pesquisa. Os programas de melhoramento genético desenvolveram e registraram 13 gramíneas e quatro leguminosas forrageiras adaptadas, sobretudo, às condições do Cerrado, destacando-se a cultivar Marandu (*Brachiaria brizantha*), um dos maiores sucessos em área de penetração, com área plantada estimada entre 40 milhões a 50 milhões de hectares (Lobato, 2016a).

A melhoria da qualidade e o manejo das pastagens, aliada ao melhoramento genético animal, manejo reprodutivo, sanidade e mineralização do rebanho, triplicaram a taxa de lotação das pastagens. O aumento da taxa de lotação das pastagens, ou seja, aumento da produção sem aumento da área de pastagem, implica menor pressão pela abertura de novas áreas (efeito “poupa-terra”). Sobre o efeito poupa-terra, Vilela (2016), analisando dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), verificou que um aumento da taxa de lotação das pastagens brasileiras disponibilizaria áreas para outras atividades agropecuárias. Se a taxa subir para 1,25 cabeça por hectare, um total de 36.936.290 ha seriam disponibilizados, ou liberados, para atividades agropecuárias diversas (Tabela 3). Deve-se salientar que, com técnicas relativamente simples de recuperação e de manejo da pastagem, é possível se alcançar ao menos 1,75 cabeça por hectare.

Tabela 3. Área de pastagem liberada em razão da taxa de lotação e da efetividade do programa de recuperação de pastagem no Brasil.

Meta da taxa de lotação (cabeça por ha)	Efetividade (% área implementada)				
	100%	75%	50%	25%	10%
1,25	36.936.290	27.702.218	18.468.145	9.234.073	3.693.629
1,50	51.483.851	38.612.888	25.741.926	12.870.963	5.148.385
1,75	64.109.087	48.081.815	32.054.544	16.027.272	6.410.909
2,00	74.737.292	56.052.969	37.368.646	18.684.323	7.473.729

Fonte: Adaptado de Vilela (2016).

Dentre os benefícios do melhoramento e do manejo de pastagens estão o aumento de produtividade, a melhoria da qualidade das pastagens, o aumento da taxa de lotação das pastagens e a melhoria da nutrição animal. Benefícios estes que promovem o efeito poupa-terra e a incorporação de pastagem degradada ao sistema produtivo.

Sistemas integrados: integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta

Os sistemas integrados constituem uma tecnologia de produção altamente viável para recuperação de áreas alteradas ou degradadas, sobretudo de pastagens degradadas ao se considerar que mais de 50% das pastagens brasileiras apresentam algum nível de degradação. A integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são apenas dois dentre as várias possibilidades de sistemas integrados (Figuras 9 e 10). A ILPF é uma estratégia de produção que emprega os princípios de sustentabilidade e permite a produção, na mesma área, de grãos, carne, leite, fibras, energia e madeira, otimizando a interação dos ciclos biológicos de plantas e de animais, dos insumos e seus resíduos, e dos efeitos sinérgicos entre os componentes (Embrapa, 2016a).

Foto: Karina Pultrónik



Figura 9. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em campo experimental da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF.

Foto: Fabiano Bastos



Figura 10. Vista panorâmica de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na Fazenda Santa Brígida em Ipameri, GO.

Os benefícios desses sistemas são inúmeros e incluem a exploração econômica do solo durante todo o ano (Figura 11), a diversificação da produção, a redução das emissões de GEE, o aumento do sequestro de carbono no solo e na biomassa vegetal, a redução de pragas e doenças, a oferta de forragem na época seca, o conforto térmico para os animais, a incorporação de áreas degradadas ao sistema produtivo, a diminuição da pressão pela abertura de novas áreas agrícolas e a redução do risco de erosão.

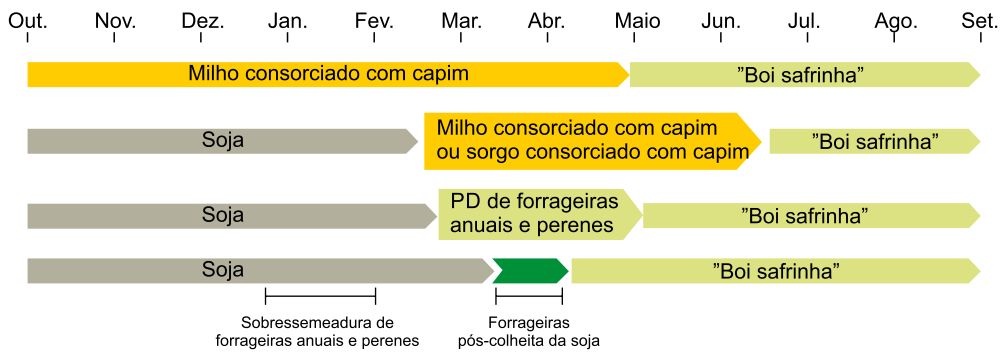


Figura 11. Exemplo de sistema de produção integrado: alternativas potenciais de arranjos para implementação da integração lavoura-pecuária na modalidade "Boi Safrinha" em diferentes regiões do Cerrado.

PD = Plantio direto

Fonte: Vilela et al. (2017)

Melhoramento genético de bovinos – programa Brasil Genética Nelore

A marca Brasil Genética Nelore (BRGN) (Figura 12), desenvolvida pela Embrapa desde 2000, é reconhecida pelo seu diferencial dentro da raça Nelore, oferecendo ao mercado animais com a rusticidade necessária à condição do Cerrado, além de elevado desempenho zootécnico (Castelões, 2016c; Lobato; Brochado, 2018). A vantagem do melhoramento da raça foi o excelente desempenho zootécnico adaptado às condições do Cerrado, com mérito genético positivo para características relacionadas à fertilidade, ao crescimento e à produção de leite.



Foto: Fabiano Bastos

Figura 12. Reprodutor e novilhas da raça BRGN criadas em um campo experimental da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF.

O Nelore Mocho BRGN foi concebido a partir de matrizes de mérito genético superior, com o objetivo de avaliar a contribuição do componente genético animal para a sustentabilidade de sistemas integrados lavoura e pecuária no Cerrado. Os animais são criados a pasto e se adaptam aos períodos de seca prolongada do Cerrado, com oferecimento de forragem (Lobato; Brochado, 2018).

Cultivares de soja e sistema de produção

O primeiro desafio da pesquisa de soja para o Cerrado era o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições locais, cuja produção pudesse ser viável economicamente (Caldas, 2016d; Embrapa, 2016). Nesse contexto, as pesquisas relacionadas à fertilidade dos solos e à FBN foram fundamentais. As pesquisas resultaram no lançamento de cultivares adaptadas ao Cerrado, a primeira delas a Doko, seguida pela Numbaíra, Savana, Itiquira e a BR 15 (Caldas, 2016d). Ressalta-se ainda que muitas das variedades atualmente utilizadas pelos produtores derivaram da 'Doko' (Embrapa, 2016).

Com o avanço das pesquisas e das parcerias, buscaram-se materiais que permitissem o cultivo em uma segunda safra (safrinha) e que fossem resistentes a pragas e doenças. Foram então lançadas a primeira variedade de soja precoce para o Cerrado e a primeira variedade com resistência à ferrugem asiática, a BRS 217 Flora e a BRSGO 7560, respectivamente (Caldas, 2016d). Atualmente, existe uma demanda crescente dos países europeus e do Japão para a "soja livre", que vem pagando um valor maior pelo produto. Na safra 2012/2013, cerca de 20% da produção brasileira de soja era não transgênica, porém, menos da metade desse percentual foi certificada como "soja livre" (Abrange, 2012, citado por Embrapa, 2014).

Nos últimos 30 anos, a Embrapa lançou cerca de 50 variedades de soja para o Cerrado em suas diferentes regiões edafoclimáticas, com algumas características de destaque: precocidade, elevado potencial produtivo, rusticidade, resistência a nematoides de cisto e de galha, ou resistência a doenças e insetos (Embrapa, 2016).

Sistemas de produção do trigo: sequeiro e irrigado

Na década de 1940 e início de 1950, houve tentativas, sem sucesso, para o desenvolvimento da cultura do trigo no Brasil Central. No período de 1953 a 1968, em Anápolis, GO, o plantio de material para melhoramento visava avançar uma geração e acelerar o trabalho de criação de novas variedades no Rio Grande do Sul. Em 1971, esses plantios começaram a ser realizados em Brasília (Silva et al., 1981). Em 1979, os trabalhos realizados pela Embrapa Cerrados fundamentaram o plantio de trigo irrigado em altitudes superiores a 600 m e, no período de 1983 a 1987, foram lançadas as cultivares BR 9 Cerrados e BR 10 Formosa, BR 12 Aruanã, BR 16 (sequeiro), BR 33 Guará e BR 39 Paraúna (Caldas, 2016a).

A partir da década de 1990, houve reestruturação do programa de melhoramento em razão da necessidade de materiais com qualidade para panificação e do surgimento do fungo brusone. Em 1995, foram lançadas as cultivares Embrapa 22 e

Embrapa 42, com alto teor de glúten e estabilidade, produzindo 6 t/ha. Variedades de sequeiro também foram contempladas no programa de melhoramento com o lançamento das cultivares Embrapa 21 e BR 18 (Caldas, 2016a). A partir de 2005, a Embrapa Cerrados desenvolveu e lançou cultivares como a BRS 254 e a BRS 264, com alta produtividade, precocidade e qualidade industrial, que possibilitou a expansão do trigo no Cerrado (Figura 13). Em 2015, foram lançadas a 'BRS 394', com potencial para 9.000 kg/ha de grãos, e a 'BRS 404', considerada uma das melhores alternativas para cultivo de sequeiro no Cerrado, com alto potencial de produtividade e boa qualidade industrial, além da tolerância ao brusone (Caldas, 2016a; Antunes, 2019).



Foto: Júlio Cesar Albrecht

Figura 13. Vista panorâmica de uma lavoura de trigo cultivada em fazenda no Cerrado.

O cultivo do trigo no Cerrado tem batido recordes de produtividade em razão das condições climáticas favoráveis, das boas práticas de manejo e das novas cultivares desenvolvidas para a região. Deve-se salientar que atualmente 80% das variedades de trigo cultivadas no Cerrado foram desenvolvidas pela Embrapa, sendo a 'BRS 264' a mais cultivada, tanto na safrinha (sequeiro), quanto no sistema irrigado (Caldas, 2019).

Para o sistema de produção de trigo de sequeiro (safrinha), observa-se a disponibilidade de milhões de hectares para este cultivo no Cerrado, uma vez que o plantio se inicia após a colheita da soja ou do milho, geralmente em março, com colheita realizada em maio/junho. Ademais, o trigo de sequeiro apresenta importância para os sistemas de produção agrícola no Cerrado, possibilitando o controle de doenças por meio da rotação de cultura, além da geração de renda, sem comprometer a safra de verão (Antunes, 2019).

Sistema de produção de mandioca no Cerrado

A mandioca é uma planta brasileira cultivada de norte a sul, com baixa exigência de fertilizantes e se constitui em uma das principais culturas da agricultura familiar (Fialho et al., 2013). Além da importância para a alimentação, a cultura da mandioca e sua cadeia produtiva contribuem para a geração de aproximadamente 10 milhões de empregos, diretos e indiretos (Fialho; Vieira, 2013).

Aproximadamente 85% da área de mandioca de mesa no Cerrado é cultivada com a variedade IAC 12-829. Nos anos de 2002 e 2003, a Embrapa Cerrados recomendou duas variedades de polpa creme para a região, a Pioneira IAPAR 19 e a Japonesa-IAC 576-70. Em 2005, foram lançadas as variedades BRS Moura e BRS Japonesa e iniciados os trabalhos relativos ao processamento da mandioca para agregação de valor (Caldas, 2016b). Em 2015, foram lançadas três cultivares com coloração de polpa amarela (BRS 396, BRS 397, BRS 399), duas cultivares com polpa rosada (BRS 400 e BRS 401) e uma cultivar com polpa creme (BRS 398) (Embrapa, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015f, 2015g) (Figura 14), compondo as primeiras variedades de mandioca protegida no mundo (Caldas 2016b). Dentre os benefícios das tecnologias geradas para o tema, citam-se o fortalecimento da agricultura familiar, a ampliação da área de produção, o aumento de produtividade e qualidade e a ampliação de mercado com introdução de novas variedades.

Sistema de produção de cana-de-açúcar para o Cerrado

Nos últimos 15 anos, a cultura da cana-de-açúcar se expandiu para o Cerrado, mais especificamente para os estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e Cerrado mineiro. A expansão nestas áreas se deu principalmente sobre áreas de pastagens, seguida de áreas de lavouras e, em menor proporção, sobre a vegetação nativa (Rein et al., 2015). Com o avanço da cultura da cana no Cerrado, foram necessárias pesquisas para responder questões específicas postas pelo avanço da cultura na região.

Foram efetuadas recomendações de adubação fosfatada para o plantio e para soqueira de cana (Rein et al., 2015), para correção da acidez do solo para a cultura no Cerrado (Sousa et al., 2015), além de considerações a respeito do SPD de cana-de-açúcar na região (Santos Júnior et al., 2015) (Figura 15) e para o manejo do palhicho residual da cultura para a região (Sá et al., 2015b) (Figura 16).

Estudos sobre cana-de-açúcar mostraram que a escarificação do solo em soqueiras nas entrelinhas dos canais deve ser evitada, dando-se preferência a práticas preventivas da compactação do solo que podem ser mais eficientes, como evitar o tráfego em condições de solo úmido e a padronização das bitolas das máquinas em espaçamentos múltiplos ao espaçamento da cultura (Sá et al., 2015a). Estudos sobre sistema de produção de cana irrigada no Cerrado também estão sendo conduzidos. Os benefícios das tecnologias para o sistema de produção de cana incluem eficiência do sistema de produção, aumento da produção e da produtividade e proteção do solo.



Foto: Fabiano Bastos

Figura 14. Mandiocas com polpa colorida lançadas pela Embrapa para cultivo no Cerrado.



Foto: Marcos Aurélio Carolino de Sá

Figura 15. Área de produção comercial de cana-de-açúcar (cana-planta) sob plantio direto, localizada no município de Goiatuba, GO.



Figura 16. Experimento de manejo do palhizo residual da cultura de cana, em área de produção da Usina Jalles Machado, município de Goianésia, GO. Outubro de 2012.

Tecnologias para a agricultura familiar e desenvolvimento rural

A agricultura familiar, que representa 84,4% dos estabelecimentos rurais e 24,3% das terras cultivadas do País (Lobato, 2016b), tem contribuição essencial para a produção de alimentos no Brasil. Dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009) indicam que o setor foi responsável pela produção nacional de 83% da mandioca, 70% do feijão, 45,6% do milho em grão, 33% do arroz em casca, 38% do café em grão e detinha 59% do rebanho suíno e 51% do avícola naquele ano. A Embrapa tem desenvolvido, ao longo de sua existência, soluções tecnológicas e inovações para o setor.

Os produtos e as soluções tecnológicas desenvolvidas e devidamente validadas ou adaptadas para o setor podem permitir o desenvolvimento rural sustentável da agricultura familiar. Projetos da Embrapa, empregando pesquisa participativa, foram desenvolvidos na região do Cerrado com a agricultura familiar, destacando-se o Projeto Silvânia, seguido posteriormente dos projetos Unaí, Alto Rio Pardo, Fortalecimento do Sistema de Suporte Técnico para o Pequeno Produtor Rural no Tocantins (Forter), São Francisco, Transição Produtiva e Serviços Ambientais, e Bem Diverso, além de projetos em Agroecologia e de Transição Agroecológica. Estes projetos possibilitaram a inovação na produção para o setor e para a região, adaptando e/ou validando tecnologias como o plantio direto de milho grão sequeiro, produção agroecológica, sistema de policultivos, sistema de fruticultura integrada com lavoura e hortaliças (Sistema Filho – Figura 17), melhoramento participativo de cultivares de mandioca (Figura 18), milho e feijão, redesenho de sistemas de produção, construção do conhecimento para manejo de sistemas agroflorestais sucessionais e validação científica e participativa de indicadores de serviços ambientais para monitorar qualidade ambiental dos sistemas de produção. Somam-se a estas tecnologias as metodologias de diagnóstico e planejamento participativo, de construção de mercados, de gestão de dispositivos coletivos e de construção de métodos para avaliação de sustentabilidade (Lobato, 2016b).



Foto: Fabiano Bastos

Figura 17. Sistema Filho – Fruticultura Integrada com Lavoura e Hortaliças no Cerrado, unidade demonstrativa em Brasília, DF.



Foto: Fabiano Bastos

Figura 18. Melhoramento participativo de cultivares de mandioca em áreas de agricultores familiares do Cerrado, Brasília, DF.

As tecnologias geradas ou adaptadas à agricultura familiar e ao desenvolvimento rural possibilitam o aumento da produção e da produtividade, a inserção dos produtos da agricultura familiar no mercado, a adoção de sistemas de produção sustentáveis, a melhoria da condição de vida dos agricultores, a fixação do homem no campo com melhores condições socioeconômicas, além de subsidiar a formulação de políticas públicas.

Embrater e a extensão e a assistência técnica rural

O segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND II) iniciou oficialmente a vinculação estreita entre os serviços de Ater, em nível federal, e o projeto econômico do governo militar. Suas metas agrícolas foram alcançadas com a consolidação das ações entre a Embrater e a Embrapa.

O plano de trabalho da Embrater dividiu-se principalmente em duas linhas de ação, voltadas a públicos específicos: a) produtores de média e alta renda com a difusão da alta tecnologia e conhecimento gerenciais; b) pequenos produtores de baixa renda, em que se orientava a venda de seu excedente às cooperativas locais ou à Companhia Brasileira de Alimentos para abastecimento interno. Dados do IBGE de 1979 demonstraram que, apesar de as diretrizes da Embrater serem voltadas ao atendimento de distintos públicos, houve incapacidade por parte do Sibrater de atendimento ao público de baixa renda. Do total de produtores recenseados à época, apenas 16% teriam sido atendidos pela Ater e que, no caso do crédito agrícola, menos de 15% foram acessados por pequenos produtores (Bergamasco, 1983).

No fim do governo militar, em plena crise mundial do petróleo e da crise brasileira da dívida externa, a necessidade de “enxugamento” da máquina estatal colocou a existência da Embrater em cheque. Uma primeira proposta de fusão da Embrater à Embrapa foi pautada em 1983, mas uma ação articulada pela diretoria da Embrater, com o governo, impediu que as intenções se concretizassem (Pettan, 2010; Bergamasco et al., 2017). Por causa do aprofundamento das crises em 1986, o governo José Sarney passou a pautar a necessidade de reformas institucionais, que preconizavam a extinção de ministérios, autarquias e empresas federais. Novamente, a fusão entre Embrater e Embrapa foi proposta, porém, desta vez, a Federação Nacional dos Trabalhadores da Assistência Técnica e Extensão Rural liderou um movimento denominado “S.O.S Extensão Rural”, que garantiu o funcionamento da Embrater nos anos seguintes. No entanto, o plano orçamentário de 1989 não previu repasses para várias autarquias e empresas públicas, dentre as quais a Embrater (Bergamasco et al., 2017).

Em 1990, o Plano Collor I incluía, em suas metas, o recuo da intervenção do Estado no setor privado e a extinção de serviços públicos considerados onerosos e não essenciais, dentre os quais estava a Embrater (Bergamasco et al., 2017). A Embrater foi extinta e, em outubro de 1990, por meio de um novo decreto, seu acervo técnico e patrimônio foi transferido para a Secretaria Nacional de Reforma Agrária e a coordenação do Sibrater para a Embrapa. Apesar dos esforços impetrados, a Embrapa não dispunha de recursos e pessoal suficientes para a nova atribuição (Bergamasco et al., 2017).

Os repasses federais às empresas estaduais de Ater também cessaram, acarretando a extinção dessas empresas em vários estados. Em setembro de 1993, foi criada a Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), que assumiu a coordenação do Sibrater, retirando-o da competência da Embrapa (Bergamasco et al., 2017). É impossível compreender os rumos das ações do governo, relacionadas ao desenvolvimento rural e às políticas de Ater, sem mencionar as ações desencadeadas pelos movimentos sociais do campo, em especial, pelo Movimento Sindical de Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais, representados pela Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag) e pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra (MST), nesse período.

A partir de grandes mobilizações de massa, como Abril Vermelho e Gritos da Terra, estabeleceram-se estratégias de negociação, entre os movimentos sociais e o governo, as quais resultaram em políticas públicas relevantes, como a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Nesse contexto, é importante ressaltar que organizações não governamentais (ONGs), em grande parte financiadas pela cooperação internacional, e movimentos sociais promoveram a agroecologia como movimento social a partir das bases do movimento da agricultura alternativa no Brasil (Luzzi, 2007). Essas organizações passaram a adotar princípios e metodologias da Agroecologia no final de década de 1980, por meio de uma abordagem que preza o fortalecimento dos mercados locais, a valorização do saber e tecnologias tradicionais, a produção em bases ecológicas, as estratégias de soberania alimentar, a preservação de sementes crioulas, entre outros (Luzzi, 2007).

Com a prevalência de uma visão de estado mínimo durante a década de 1990, a questão do financiamento de um serviço público e universal de Ater não foi considerada uma prioridade. Isso não inviabilizou o aprofundamento do debate e a articulação entre os atores que defendiam uma política de Ater mais efetiva. Durante alguns anos após o lançamento do Pronaf, ocorreu um choque entre o que restava do setor estatal de Ater e o terceiro setor pela disputa da mesma fonte de recursos federais para a agricultura familiar. Ao mesmo tempo que se consolidava o Pronaf, os movimentos sociais passaram a exigir com mais veemência um serviço de Ater público, gratuito, de qualidade e, em alguns casos, dentro de uma perspectiva agroecológica.

Em 2005, foi lançado o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária (Pronater), na qual foram elencadas metas de incentivo a programas estaduais de Ater, ações de capacitação, formações de quadros para a Ater Setorial (comunidades indígenas, quilombolas, ribeirinhos, pescadores artesanais, extrativistas, jovens e mulheres trabalhadoras rurais) e de qualificação dos serviços de Ater no País (Bergamasco et al., 2017).

Em 2006, por meio da Portaria Ministerial nº 25, o governo federal formalizou a operacionalização do novo Sibrater, que se tornou, a partir de então, descentralizado. O Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), em parceria com outros ministérios, secretarias especiais, Incra e/ou empresas públicas, passou a ser o órgão federal responsável pelo repasse de recurso público da União às organizações de prestadores de serviço de Ater no País (Brasil, 2010). Entre as principais inovações na con-

cepção do novo Sibrater, pode-se destacar o apoio à constituição e fortalecimento de uma articulação em rede envolvendo organizações públicas ou privadas de Ater e representações de movimentos sociais, assim como a possibilidade de trabalhos desenvolvidos em bases territoriais. Além disso, o controle da execução dos serviços de Ater privilegiou a participação das representações das comunidades no controle e na avaliação dos trabalhos executados (Bergamasco et al., 2017).

Uma pesquisa de 2002 sobre perfil das instituições de assistência técnica e extensão rural para agricultores familiares e assentados, resultante de Projeto de Cooperação Técnica MDA-FAO, identificou que os serviços de Ater eram realizados por 27 instituições governamentais de Ater, 1.226 prefeituras, 495 ONGs, 498 instituições como sindicatos de trabalhadores rurais e federações, MST e associações locais, 867 cooperativas de produção agropecuária, 397 instituições de ensino e pesquisa, 131 cooperativas de crédito, 78 agroindústrias, 80 outras instituições públicas (secretarias estaduais de agricultura, institutos de terras, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac, etc.) e 43 do sistema S (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Senar, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae).

A Política Nacional de Assistência Técnica (Pnater) de 2004 incorporou uma visão inovadora em que os serviços de Ater devem ser caracterizados por uma pluralidade de formas institucionais, definindo que “a nova Ater deverá organizar-se na forma de um Sistema Nacional Descentralizado de Ater Pública, do qual participem entidades estatais e não estatais.” (Brasil, 2010, p. 8).

A Pnater estabelece que essas entidades, para fazerem parte do sistema, devem fazer seu credenciamento no Fórum Nacional de Gestão da Ater Pública ou nos Conselhos Estaduais de Desenvolvimento Rural Sustentável (ou similares). Ao longo dos anos subsequentes, no entanto, essa rede de atores identificou uma série de entraves ao cumprimento bem-sucedido das diretrizes da Pnater e metas do Pronater. Dentre estes, a burocracia exigida, já que todos os trâmites de contratação e prestação de contas enquadravam-se na Lei nº 8.666/1993, conhecida como Lei de Licitações (Bergamasco et al., 2017).

Em 2010, por fim, foi aprovada pelo Congresso Nacional e sancionada pelo presidente da República a Lei nº 12.188, ou Lei de Ater. Sua publicação representou um avanço político no que diz respeito à consolidação de um modelo de Ater pública para a agricultura familiar. A nova versão da Pnater apontou como linhas de ação: o Programa Nacional de Sementes; a universalização da prestação dos serviços de Ater; a formação de agentes de Ater; o fomento à inovação tecnológica para a agricultura familiar (Brasil, 2010). A Lei de Ater também alterou a Lei de Licitações, em que os serviços passaram assim a ser contratados mediante a modalidade de chamadas públicas, facilitando as operacionalizações das atividades (Bergamasco et al., 2017).

A Lei de Ater prevê, ainda, a realização de conferências envolvendo representantes dos movimentos sociais e as entidades de Ater, a fim de debater e avaliar a operacionalização da Pnater. A *Conferência Nacional de Ater* (Cnater) deve ocorrer a cada

4 anos, e, a partir das metas do Pronater, o MDA encaminha o orçamento para inserção no Plano Plurianual (PPA) (Bergamasco et al., 2017).

Na primeira Cnater em 2012 surgiu a proposta de criação de uma instituição responsável pela coordenação nacional da execução das políticas de Ater. Após um processo de discussão e negociações, prevaleceu a proposta de criação de um serviço social autônomo, denominado Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater) (Bergamasco et al., 2017).

Em 18 de dezembro de 2013 é assinada a Lei nº 12.897, que criou o serviço social autônomo denominado Anater. A lei define que a direção da Anater será composta pela Diretoria Executiva, pelo Conselho de Administração e pelo Conselho Fiscal, sendo a Embrapa membro do Conselho de Administração e a Diretoria Executiva (Brasil, 2013). A constituição da Anater como Serviço Social Autônomo (SSA) facilitou o processo de lançamento de chamadas públicas, de gestão e de prestação de contas dos projetos financiados por ela. Porém, criou uma situação jurídica muito específica, pois, em geral, os SSAs estão entre aquelas entidades que parecem, mas não são entes públicos, em que os SSAs são entidades paraestatais do terceiro setor. A particularidade dos serviços sociais diante das demais entidades paraestatais do terceiro setor é que eles são em geral instituídos por entidades representativas patronais após autorização legal e são financiados por meio de uma contribuição compulsória conhecida como “contribuição parafiscal”, como o Sebrae e o Senar. Poucos são os SSAs criados diretamente pelo Executivo, como a Agência de Promoção de Exportações do Brasil (Apex-Brasil) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

Outra questão que merece destaque é a coordenação do Sibrater pela Secretaria Especial da Agricultura Familiar e Desenvolvimento Agrário (Sead). Efetivamente, com a criação da Anater, o instrumento legal que garante a coordenação do Sibrater é o Contrato de Gestão, que, segundo o decreto de criação da agência, seria exclusividade da Sead. Porém, em 2015 e 2016, constatou-se que um contrato de gestão exclusivo com a Sead reduziria a capacidade de captação de recursos da Anater, podendo comprometer o seu funcionamento efetivo. No fim de 2017, um aditivo ao Contrato de Gestão definiu a possibilidade de outras instituições aderirem ao Sibrater, no entanto, será necessário avaliar os impactos dessa mudança na capacidade de captação e sustentação da Anater e na manutenção da capacidade de coordenação do Sibrater pela Sead.

Considerações finais

O grande desafio da agricultura e da pesquisa atual e futura para o Cerrado, e também para as demais regiões, é produzir com sustentabilidade, praticando uma agricultura com baixo impacto ambiental, com ganhos de produtividade e com promoção da equidade social e da segurança alimentar.

Nesse sentido, os sistemas de produção integrados desempenham um papel fundamental por aliar a verticalização da produção com aumento de produtividade e baixo impacto ambiental, este último decorrente, sobretudo, do efeito poupa-terra, do sequestro de carbono e da mitigação de emissões de GEE. Diversos sistemas de produção integrada têm sido pesquisados e implantados no campo para a região do Cerrado, alguns em fase de validação, outros em fase de adaptação e outros já implementados pelos produtores rurais.

Outro desafio posto pelo mercado reside no aumento de produtividade, sobretudo, das grandes culturas. Sabe-se que atualmente o agronegócio da região encontra-se em estágio avançado, com elevado nível tecnológico e alta produtividade, um exemplo é a soja. Pesquisadores da área informam que a soja apresenta um potencial genético de produtividade maior do que as melhores médias de produção alcançadas no País, mas esse potencial não é atingido em razão das perdas relacionadas às condições climáticas e ao manejo empregado do sistema de produção (nutrição, operações mecânicas, controle de pragas, doenças e nematoides). Dessa forma, para o caso da cultura de sequeiro, o manejo empregado no sistema de produção pode viabilizar o alcance do potencial genético da cultivar, aumentando a produtividade. A mesma lógica se aplica para o milho e demais culturas.

Para responder aos desafios propostos pela sociedade e pelo mercado em respeito à sustentabilidade da produção e à sustentabilidade ambiental, pesquisas vêm se desenvolvendo ao longo dos anos, com instituições do setor público e privado, e resultarão em tecnologias que serão lançadas em curto e médio prazo.

Quanto à assistência técnica e extensão rural, observa-se que, além das indefinições da Anater enquanto serviço social autônomo, existe o desafio da interação com a Embrapa. Sabe-se que a participação da Embrapa nas diversas instâncias de gestão da agência contribui para a aproximação das duas instituições, mas somente isso não garante um funcionamento integrado, permitindo o acesso dos agricultores ao processo de inovação com possibilidade de soluções efetivas para a agricultura familiar. Para que isso se efetive, é necessária a superação do modelo difusionista e a consolidação de estratégias de desenvolvimento baseadas na construção social de inovações.

Assim, também podemos elencar como desafio permanente para a Anater, e para o serviço de assistência técnica e extensão rural, o fortalecimento do Sibrater como sistema plural, garantindo financiamento para a rede de prestadores de serviços, sejam instituições estatais ou sociedade civil, aproveitando experiências diversas na composição do seu portfólio.

Referências

ABREU, A. A. **Plano Nacional de Desenvolvimento (PND)**. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpd/doc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/plano-nacional-de-desenvolvimento-pnd>>. Acesso em: 22 set. 2017.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE COOPERAÇÃO DO JAPÃO. **50 anos de Cooperação Brasil-Japão**.

Disponível em: <<https://www.jica.go.jp/brazil/portuguese/office/publications/pdf/50anos.pdf>>.

Acesso em: 20 jul. 2018.

ALMEIDA, S. C. R.; OLIVEIRA, M. N.; XAVIER, J. H. V. A descentralização da Política Nacional de ATER: uma experiência nos assentamentos de reforma agrária no noroeste mineiro – Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 551-560, dez. 2010. DOI: 10.1590/S1982-45132010000300011.

ANTUNES, J. M. **O trigo no sistema de produção no Cerrado**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34711706/o-trigo-no-sistema-de-producao-no-cerrado>>.

Acesso em: 4 jul. 2019.

BARBOSA, A. S. **Homo-cerratensis**: a incrível jornada humana para o Cerrado. Disponível em: <<https://www.xapuri.info/arqueologia/homo-cerratensis-a-incrive-jornada-humana-para-o-cerrado/>>.

Acesso em: 13 ago. 2016.

BERGAMASCO, S. M. P. P. **Agricultura e assistência técnica no estado de São Paulo**. 1983. 286 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BERGAMASCO, S. M. P. P.; THOMSON, C. R.; BORSATTO, R. S. Da extinção da Embrater à criação da Anater: os desafios da política de assistência técnica e extensão rural brasileira. In: BERGAMASCO, S. M. P. P.; DELGADO, G. C. (Org.). **Agricultura familiar brasileira**: desafios e perspectivas de futuro. Brasília, DF: Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário, 2017. p. 12-340.

BIANCHINI, V. Expectativa pela Anater. **CaféPoint**, Espaço Aberto, 13 jan. 2014. Disponível em:

<<https://www.cafepoint.com.br/colunas/espaco-aberto/expectativa-pela-anater-87099n.aspx>>.

Acesso: 26 mar. 2018.

BITTAR, I. M. B. Modernização do cerrado brasileiro e desenvolvimento sustentável: revendo a história.

Revista Verde, v. 6, n. 1, p. 26-38, jan./mar. 2011.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 1988.

Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/CF.pdf>>.

Acesso em: 12 mar. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 1.067 de 28 de julho de 1860**. Crêa huma nova Secretaria de Estado com a denominação de Secretaria de Estado dos Negocios da Agricultura, Commercio e Obras Publicas. 1860b. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=600302&id=14382925&idBinario=15737949&mime=application/rtf>>.

Acesso: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 1.606 de 29 de dezembro de 1906**. Crea uma Secretaria de Estado com a denominação de Ministerio dos Negocios da Agricultura, Industria e Commercio. 1906. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=599756&id=14437485&idBinario=15778820&mime=application/rtf>>.

Acesso: 10 abr.2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.500-A de 1º de novembro de 1859**. Crêa o Imperial Instituto Bahiano de Agricultura. 1859b. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=397040&id=14390542&idBinario=15773202&mime=application/rtf>>.

Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.516 de 22 de dezembro de 1859**. Crêa o Imperial Instituto Pernambucano de Agricultura. 1859a. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=397102&id=14391652&idBinario=15738545&mime=application/rtf>>.

Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.521 de 20 de dezembro de 1860**. Crêa o Imperial Instituto de Agricultura Sergipano sob as mesmas bases do Imperial Instituto Bahiano.

1860. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=397121&id=14383249&idBinario=15816934&mime=application/rtf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.607 de 30 de junho de 1860**. Crêa o Imperial Instituto Fluminense de Agricultura. 1860a. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/listatextosigen.action?norma=397462&id=14385693&idbinario=15818288&mime=application/rtf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 24.609, de 6 de julho de 1934**. Cria Instituto Nacional de Estatística e fixa disposições orgânicas para a execução e desenvolvimento dos serviços estatísticos. 1934. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24609-6-julho-1934-515214-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 58.382, de 10 de maio de 1966**. Dispõe quanto à coordenação das atividades de extensão rural. 1966. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-58382-10-maio-1966-399047-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 7.471, de 4 de maio de 2011**. Aprova a Estrutura Regimental, o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste - SUDECO, e dá outras providências. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/D7471.htmimprensa.htm>. Acesso em: 26 mar. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 74.373, de 14 de fevereiro de 1975b**. Cria a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMBRATER, e regulamenta dispositivos da Lei nº 6.126, de 6 de novembro de 1974, e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=498013&id=14323036&idBinario=15764563>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 75.320, de 29 de janeiro de 1975**. Dispõe sobre a criação do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO). Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-75320-29-janeiro-1975-423871-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso: 25 mar. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 8.252, de 26 de maio de 2014**. Institui o serviço social autônomo denominado Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural – Anater. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8252.htm>. Acesso: 26 mar. 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 218, de 26 janeiro de 1938**. Muda o nome do Instituto Nacional de Estatística e o do Conselho Brasileiro de Geografia. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decllei/1930-1939/decreto-lei-218-26-janeiro-1938-350934-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.110, de 9 de julho de 1970**. Cria o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), extingue o Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, o Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário e o Grupo Executivo da Reforma Agrária e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=524842&id=14239763&idBinario=15783263&mime=application/rtf>>. Acesso: 13 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.192, de 8 de novembro de 1971a**. Cria o Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste (PRODOESTE) e dá outras providências. 1971a. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=120842>>. Acesso: 26 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto-lei nº 7.449, de 9 de abril de 1945**. Dispõe sobre a organização da vida rural. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del7449.htm>. Acesso 28 jul. 2018.

BRASIL. **Lei Complementar nº 129, de 8 de janeiro de 2009**. Institui, na forma do art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste - SUDECO, estabelece sua missão institucional, natureza jurídica, objetivos, área de atuação, instrumentos de ação, altera

a Lei no 7.827, de 27 de setembro de 1989, e dá outras providências. 2009a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp129.htm>. Acesso em: 26 mar. 2018.

BRASIL. **Lei Delegada nº 9 de 11 de outubro de 1962.** Reorganiza o Ministério da Agricultura e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/leidel/1960-1969/leidelegada-9-11-outubro-1962-364964-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 5.727, de 4 de novembro de 1971.** Dispõe sobre o Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), para o período de 1972 a 1974. Suplemento do Diário Oficial da União de 17 de dezembro de 1971.

BRASIL. **Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009b.** Dispõe sobre a prestação de apoio financeiro pela União aos entes federados que recebem recursos do Fundo de Participação dos Municípios - FPM, no exercício de 2009, com o objetivo de superar dificuldades financeiras emergenciais; altera as Leis nos 11.786, de 25 de setembro de 2008, 9.503, de 23 de setembro de 1997, 11.882, de 23 de dezembro de 2008, 10.836, de 9 de janeiro de 2004, 11.314, de 3 de julho de 2006, 11.941, de 27 de maio de 2009, 10.925, de 23 de julho de 2004, 9.636, de 15 de maio de 1998, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.893, de 13 de julho de 2004, 9.454, de 7 de abril de 1997, 11.945, de 4 de junho de 2009, 11.775, de 17 de setembro de 2008, 11.326, de 24 de julho de 2006, 8.427, de 27 de maio de 1992, 8.171, de 17 de janeiro de 1991, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.977, de 7 de julho de 2009, 11.196, de 21 de novembro de 2005, 9.703, de 17 de novembro de 1998, 10.865, de 30 de abril de 2004, 9.984, de 17 de julho de 2000, e 11.772, de 17 de setembro de 2008, a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001, e o Decreto-Lei no 1.455, de 7 de abril de 1976; revoga a Lei no 5.969, de 11 de dezembro de 1973, e o art. 13 da Lei no 11.322, de 13 de julho de 2006; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12058.htm#art49>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.897, de 18 de dezembro de 2013.** Autoriza o Poder Executivo federal a instituir serviço social autônomo denominado Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural - ANATER e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12897.htm>. Acesso em: 28 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1956.** Institucionaliza o crédito rural. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4829.htm>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 5.365, de 1 de dezembro de 1967.** Cria a Superintendência do Desenvolvimento da Região Centro-Oeste (SUDECO), e dá outras providências. 1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L5365.htm>. Acesso em: 13 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 5.851 de 7 de dezembro de 1972.** Autoriza o Poder Executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5851.htm>. Acesso: 13 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 5.969, de 12 de dezembro de 1973.** Institui o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5969.htm>. Acesso: 13 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.126 de 6 de novembro de 1974b.** Autoriza o Poder Executivo a instituir a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER) e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=548002&id=14242103&idBinario=15774657>> Acesso: 13 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.151, de 4 de dezembro de 1974a**. Dispõe sobre o Plano Nacional de Desenvolvimento – PND (1975-1979). Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6151-4-dezembro-1974-357400-norma-pl.html>>. Acesso em: 6 dez. 1974a.

Brasil. **Lei nº 9.989 de 21 de julho de 2000**. Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período de 2000-2003. Disponível em: <<http://bibspi.planejamento.gov.br/handle/iditem/481>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil lidera produtividade agropecuária mundial**. 12 maio 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-lidera-productividade-agropecuaria-mundial>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária – PRONATER**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1068/PNATER%20%202008.pdf>.

CABRAL, J. I. **Sol da manhã**: memória da Embrapa. Brasília, DF: Unesco, 2005. 344 p.

CALDAS, J. **Fazenda no Cerrado registra recorde brasileiro na produtividade de trigo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/29565199/fazenda-no-cerrado-registra-recorde-brasileiro-na-productividade-de-trigo>>. Acesso em: 4 jul. 2019.

CALDAS, J. Melhoria participativa e sistema de produção da mandioca. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: Registro Jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016b. p. 55-58.

CALDAS, J. Microbiologia agrícola, fixação biológica do nitrogênio e fungos micorrízicos. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016c. p. 66-69.

CALDAS, J. Soja: cultivares e sistema de produção. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016d. p. 39-42.

CALDAS, J. Trigo sequeiro e irrigado. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016a. p. 43-47.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, mar./abr. p. 277-289, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000200001.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICOLLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil & Tillage Research**, n. 103, p. 342-349, 2009. DOI: 10.1016/j.still.2008.10.022.

CASTELÕES, L. Manejo animal: nutrição, sanidade e reprodução. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016c. p. 81-84.

CASTELÕES, L. Correção da acidez e fertilidade do solo. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016b. p. 31-34.

- CASTELÕES, L. Manejo e conservação do solo. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. (Ed.). **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos**: registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016a. p. 27-30.
- DABAT, C. R.; PERES V. H. L. O Imperial Instituto Pernambucano de Agricultura – IIPA, 1859-1871: o malogro de um projeto inovador de parceria público privado. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, n. 1, p. 217-240, jan./jun. 2015. DOI: 10.20396/rbi.v14i1.8649095.
- DINIZ, B. P. C. O. **Grande Cerrado do Brasil Central**: geopolítica e economia. 2006. 231 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- EMBRAPA. **BRS 396**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes amarela. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015a. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **BRS 397**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes amarela. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015b. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **BRS 398**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes creme. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015c. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **BRS 399**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes amarela. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015d. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **BRS 400**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes rosadas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015e. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **BRS 401**: nova cultivar de mandioca de mesa com coloração da polpa das raízes rosadas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015f. 1 fôlder.
- EMBRAPA. **Embrapa Cerrados**: história. Disponível em: <<https://www.Embrapa.br/cerrados/historia>>. Acesso: 28 jul. 2018.
- EMBRAPA. **ILPF**: Integração Lavoura Pecuária-Floresta: Brasília, DF: Embrapa Cerrados. 2016a. 1 fôlder.
- EMBRAPA. O futuro da agricultura está sendo construído agora. **Revista Agroanalysis**, v. 33, n. 4, 2013.
- EMBRAPA. **Soja para o Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. Disponível em: <<https://www.Embrapa.br/documents/1355008/0/Folder+tecnologia+Soja/b7d86fc3-9754-4ad0-b9dc-1cff7191b199>>. Acesso em: 28 jul. 2018.
- EMBRAPA. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil**: o desafio da rentabilidade na produção. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2014. v. 2.
- EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018a. 212 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- EPAMIG. **A Empresa**. 2018. Disponível em: <<http://www.epamig.br/historia/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- FAVERO, M. L. A. A Universidade no Brasil: das origens à reforma universitária de 1968. **Educar**, n. 28, p. 17-36, 2006. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1550/155013353003.pdf>>. Acesso: 28 ago. 2018.
- FIALHO, J. F.; ANDRADE, R. F. R.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado**: questões práticas. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa: 2013. 88 p.
- FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa: 2013. 203 p.
- FREITAS, W. D.; CHAVEIRO, E. F. Cerrado: modernização e ocupação a partir da localidade. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, v. 2, n. 47E, 2011.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Imperial Estação Agronômica de Campinas. In: DICIONÁRIO histórico-biográfico das ciências da saúde no Brasil (1832-1930). Disponível em: <<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br/iah/pt/verbetes/estagrcamp.htm#estrutura>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

GANEM, R. S.; CAVALCANTE, S. R.; OLIVEIRA, T. A.; SILVA, G. T. Ordenamento territorial e plano diretor: o caso do Distrito Federal. **Cadernos Aslegis**, n. 34, p.79-98, maio/ago. 2008a.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A. Ocupação humana e impactos ambientais no bioma cerrado: dos bandeirantes à política de biocombustíveis. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008. Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF, 2008b. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT5-484-211-20080518092403.pdf>>. Acesso em: 10 jul. /2017.

GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. 422 p.

GOMES, V. **Café da região do Cerrado representa quase 40% da produção do país**. 2017. Disponível em: <<https://canalrural.uol.com.br/sites-e-especiais/cafe-regiao-cerrado-representa-quase-producao-pais-68889/>>. Acesso 28 ago. 2018.

GONÇALVES, L. C.; RAMIREZ, M. A.; SANTOS, D. **Extensão rural e conexões**. Belo Horizonte: Fepe, 2016. 164 p.

GUIMARAES, C. Rebanho bovino brasileiro se concentra em áreas do Cerrado. **Revista Safra**, set. 2013. Disponível em: <<http://revistasafra.com.br/rebanho-bovino-brasileiro-se-concentra-em-areas-do-cerrado/>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>.

IBGE. Nova publicação do IBGE analisa a dinâmica territorial da cana-de-açúcar. **Agência IBGE Notícias**, abr. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/19013-nova-publicacao-do-ibge-analisa-a-dinamica-territorial-da-cana-de-acucar.html>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal-PAM**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9119-producao-agricola-municipal-cereais-leguminosas-e-oleaginosas.html?edicao=9120&t=series-historicas>>. Acesso em: 14 out. 2019.

INOCENCIO, M. E.; CALAÇA, M. Estado e território no Brasil: reflexões a partir da agricultura no Cerrado. **Revista IDEAS**, v. 4, n. 2, p. 271-306, 2010.

KORNIS, M. **Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED)**. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/programa-estrategico-de-desenvolvimento-ped>> Acesso em: 28 out. 2017.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO (Lapig). **Produção, área plantada e rendimento das culturas de soja, milho, cana de açúcar e algodão**: produção de leite: rebanho bovino e área de pastagem para o Brasil e Bioma Cerrado no ano de 2015. Disponível em: <<http://maps.lapig.iesa.ufg.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. da. Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2007. 1 CD-ROM.

LISITA, F. O. **Considerações sobre a extensão rural no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=219&pg=2&n=2>>. Acesso em: 14 jul. 2017

LOBATO, B. R.; BROCHADO, M. L. **BRGN Gado Nelore com a marca Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1490534/brgn-gado-nelore-com-a-marca-Embrapa>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

LOBATO, B. R. Agricultura familiar e desenvolvimento rural. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos:** registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016b. p.104-110.

LOBATO, B. R. Gestão de recursos hídricos e manejo da irrigação. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos:** registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016c. p. 21-26.

LOBATO, B. R. Melhoramento genético de forrageiras. In: LOBATO, B. R.; RODRIGUES, J. J. C.; GAMA, L. C. **Reunião Anual de Apresentação de Resultados da Embrapa Cerrados – Especial 40 anos:** registro jornalístico. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016a. p. 90-96.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. R.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa: SBCS, 2007. p. 1-62.

LOPES, M. A.; ALVES, E. R. A. Embrapa, passado e futuro. **O Estado de São Paulo**, 23 abr. 2013. Disponível em: <<http://opinio.estadao.com.br/noticias/geral,Embrapa-passado-e-futuro-imp-,1024284>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

LUZZI, N. **O debate agroecológico brasileiro:** uma discussão a partir dos EBAAS e da experiência do PTA/FASE. 2007. 182 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MARTINS, R. G. Resumo do conhecimento acumulado sobre o passado arqueológico do processo de povoamento humano no Centro-Oeste do Brasil. In: VILAOU, A. V. (Org.). **Pré-história do Mato Grosso.** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2005.

MATOS, P. O. **Análise dos planos de desenvolvimento elaborados no Brasil após o II PND.** 2002. 184 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MENDES, E. P. P.; FERREIRA, I. M. Ocupação e povoamento dos territórios centrais do Brasil: política fundiária e trabalho do século XVIII ao XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 18., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Ed. da UFU, 2012.

MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio:** um grande aliado para a fome zero e a agricultura sustentável. Disponível em: <<http://maissoja.com.br/fixacao-biologica-de-nitrogenio-um-grande-aliado-para-a-fome-zero-e-a-agricultura-sustentavel/>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

MENGEL, A. A. **Modernização da agricultura e pesquisa no Brasil:** a empresa brasileira de pesquisa agropecuária – Embrapa. 2015. 181 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ.

MINAS GERAIS (Estado). **Lei 6.310 de 8 de maio de 1974.** Autoriza o Poder Executivo a constituir e organizar empresa pública para o desenvolvimento e execução de pesquisas no setor da agropecuária. Disponível em: <<https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:minas.gerais:estadual:lei:1974-05-08;6310>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MOLINA, R. S. Primeiras escolas agrícolas no Brasil: limites e falências (1877 a 1936). **Revista HISTEDBR On-line**, n. 46, p. 309-324, jun. 2012.

OLIVEIRA, M. A evolução da produtividade no Cerrado. **Pioneer**, 2013. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/160/a-evolucao-da-productividade-no-cerrado>>. Acesso: 26 ago. 2018.

PEIXOTO, M. **Extensão rural no Brasil:** uma abordagem histórica da legislação. Brasília, DF: Consultoria Legislativa do Senado Federal, 2008. (Texto para discussão, 48). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-48-extensao-rural-no-brasil-uma-abordagem-historica-da-legislacao>>. Acesso: 14 jul. 2017.

- PETTAN, K. B. **A Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER):** percepções e tendências. 2010. 393 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola na área de concentração em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/>>. Acesso em: 25 jul. 2018.
- REIN, T. A.; SOUSA, D. M.; G. SANTOS JÚNIOR, J. D. G. dos; NUNES, R. de S.; KORNDORFER, G. H. **Manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Circular técnica, 29).
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Org.). **Cerrado: ecologia e flora.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151-212.
- RODRIGUES, M. M. Retomando o planejamento: plano plurianual 1996-1999. **Revista do BNDES**, v. 3. n. 5. p. 3-30. jun. 1996.
- ROMANIELLO, M. M.; ASSIS, T. T. R. P. **Extensão rural e sustentabilidade:** guia de estudos. Lavras: Ed. da Ufla, 2015. 114 p.
- SÁ, M. A. C.; FRANZ, C. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; REIN, T. A.; BUFON, V. B.; CARVALHO, A. M.; MULLER, A. G. **Manejo do palhicho residual na cultura de cana-de-açúcar no Cerrado:** primeira aproximação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Circular técnica, 27).
- SÁ, M. A. C.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; FRANZ, C. A. B.; REIN, N. R. S. **Escarificação do solo em soqueiras de cana-de-açúcar.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015a (Circular técnica, 28).
- SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; OLIVEIRA, C. M.; FRANZ, C. A. B.; REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. **Sistema plantio direto de cana-de-açúcar no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Circular técnica, 30).
- SEPULCRI, O.; PAULA, N. **A Emater e seu papel na difusão de tecnologia nos seus 50 anos.** Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/2_Premio_ER/02_A_Emater_papel_Dif_Tec.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2017.
- SILVA, A. R.; ANDRADE, J. M. V.; LEITE, J. C. **Contribuição da Embrapa ao desenvolvimento do trigo na região dos Cerrados.** Brasília, DF: EMBRAPA-DID, 1981. (Circular técnica, 5).
- SILVA, F.A. M.; EVANGELISTA, B.A. **Zoneamento de risco climático para a semeadura simultânea do Milho (*Zea mays* L.) e da Braquiária (*Brachiaria brizantha* Syn. *Urochloa brizantha*) no Estado de Goiás e no Distrito Federal.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 333).
- SILVA, J. E. da; RITCHEY, K. D. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em oxissolos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO – SAVANAS: ALIMENTO E ENERGIA, 6., 1982, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 707-725.
- SILVA, R. O. P. Assistência Técnica e Extensão Rural no Brasil: um pouco de sua história. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 11, n. 5, maio 2016. p.1-6.
- SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA - SNA. **Exportações do agronegócio crescem 4,9% em janeiro e batem US\$ 6,16 bi.** Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/exportacoes-do-agronegocio-crescem-49-em-janeiro-e-batem-us-616-bi/>>. Acesso em: 26 jul. 2018.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A. R.; NUNES, R. S.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Recomendações para correção da acidez do solo para cana-de-açúcar no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Comunicado técnico, 177).

SOUZA, J. G. Evolução histórica da universidade brasileira: abordagens preliminares. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 1, n. 1, p 42-58, ago. 1996. Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/reeducacao/article/viewFile/461/441>>. Acesso: 27 ago. 2018.

SUDECO. **Histórico**. set. 2016. Disponível em: <<http://www.sudeco.gov.br/web/guest/historico>>. Acesso: 8 mar. 2018.

VILELA, L. **Integração lavoura-pecuária**: intensificação sustentável. Jataí, 2016. Palestra apresentada na Exposição Agropecuária de Jataí. 13 a 15 de junho de 2016.

VILELA, L.; MANJABOSCO, E. E.; MARCHAO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R. **“Boi Safrinha” na integração lavoura-pecuária no Oeste baiano**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. (Circular técnica 35).

Capítulo 5

Dinâmicas agropecuárias e socioeconômicas no Cerrado, de 1975 a 2015¹

Carlos Augusto Mattos Santana

Geraldo da Silva e Souza

Silvia Kanadani Campos

Ieda Del'Arco Sanches

Eliane Gonçalves Gomes

Edson Eyji Sano

Introdução

Fruto de uma espetacular transformação experimentada a partir dos anos 1970 (Salim, 1986), a região do bioma Cerrado passou a desempenhar rapidamente um papel fundamental na segurança alimentar do País e do mundo. Considerado até a década de 1960 como pouco apto para o desenvolvimento de atividades agrícolas, o Cerrado se converteu na principal região produtora de alimentos do Brasil. Esse fenômeno teve como principais alicerces: a ciência, a tecnologia, o empreendedorismo dos produtores, o preço da terra, as melhorias da infraestrutura, a dinâmica dos mercados e as políticas públicas (Rezende, 2002; Castro, 2003; Muller; Martha Júnior, 2008; Contini et al., 2010). As características do desenvolvimento observado incluem o papel central exercido pela acentuada evolução dos níveis de produtividade, especialmente após 1995, e pela crescente convivência harmônica das explorações agropecuárias com a utilização sustentável dos recursos naturais.

No triênio 1975–1977, a produção brasileira de soja, carro-chefe da agricultura nacional, totalizou, em termos médios, 11,2 milhões de toneladas. Naquele período, o Cerrado teve uma participação média de 8% no total produzido dessa oleaginosa. Aproximadamente quatro décadas mais tarde, isto é, em 2014–2016, a contribuição média da região foi de 93,5 milhões de toneladas, ou seja, 52% da quantidade produzida pelo País naqueles 3 anos. Fato similar ocorreu com a participação do Cerrado na produção de outros três produtos de destaque da pauta agrícola do

¹ Os autores agradecem aos colegas Fernando Luis Garagorry, Renner Marra e Adalberto Araújo Aragão pelas valiosas contribuições metodológicas realizadas, assim como pelo compartilhamento de dados e informações.

Brasil: o milho, a cana-de-açúcar e o algodão. Especificamente, a contribuição da região para a produção desses três produtos aumentou, respectivamente, de 22%, 29% e 30% em 1975–1977 para 54%, 51% e 96% em 2014–2016.

A região também tem um papel expressivo na pecuária bovina, porém, em contraste com o observado com as culturas mencionadas anteriormente, a participação do Cerrado no rebanho bovino brasileiro é relativamente menor. Conforme assinalado no Capítulo 1, o rebanho bovino aumentou de 34% em 1975 para 41% em 1993 e posteriormente diminuiu ao longo dos anos, situando entre 35% e 36% no período 2005–2015 (IBGE, 2018).

Como sugerem os dados supracitados, o Cerrado foi palco de um processo de mudanças rápidas e profundas nos últimos 40 anos no setor agropecuário. Esse processo não ocorreu de forma homogênea nas suas 110 microrregiões (Anexo A). Algumas registraram grande expansão, outras experimentaram mudanças menores, resultando, em alguns casos, na queda da sua contribuição para a formação do produto interno bruto (PIB) da região. Conforme esses fatos, o objetivo geral deste capítulo é contribuir para um melhor entendimento sobre as principais mudanças observadas no perfil agropecuário e socioeconômico do Cerrado no período entre 1975 e 2015. Ênfase das análises é dirigida em um primeiro momento às microrregiões do bioma e posteriormente àquelas mais dinâmicas em termos de contribuição para o valor da produção das culturas temporárias (exemplo: as de arroz, feijão, soja, milho, algodão, etc.) e expansão do rebanho bovino no período considerado. A dinâmica espaço-temporal das culturas permanentes tem sido menos acentuada em relação às culturas temporárias. Dessa forma, menor atenção relativa é dada aos processos de mudanças relacionadas com essas culturas.

Em termos específicos, o presente capítulo busca responder as seguintes questões: como a agricultura se deslocou espacialmente entre as diferentes microrregiões do Cerrado ao longo dessas quatro décadas? A dinâmica de deslocamento provocou alguma concentração espacial da produção? Quais microrregiões do Cerrado apresentaram maior dinamismo em termos de aumento da sua contribuição para o valor da produção das culturas temporárias e para o crescimento do rebanho bovino nos últimos 40 anos? Quais mudanças foram observadas no perfil agropecuário e socioeconômico das microrregiões mais dinâmicas do Cerrado no período 1975–2015? O que ocorreu com o rebanho bovino e com a área cultivada com as culturas temporárias nos municípios que mais se destacaram nessas microrregiões?

O capítulo foi organizado em quatro seções contadas a partir dessa introdução. A segunda seção apresenta as metodologias utilizadas para identificar as principais dinâmicas espaciais observadas no Cerrado nos últimos 40 anos. Ademais, fornece uma medida aproximada da intensidade das mudanças registradas. A seção inclui também as metodologias usadas para: identificar as microrregiões mais dinâmicas em termos da evolução do valor da produção das culturas temporárias e do rebanho bovino; examinar as dinâmicas socioeconômicas em microrregiões selecionadas; e analisar as transformações agrícolas e pecuárias ocorridas no âmbito de alguns municípios. Os resultados obtidos por meio dessas metodologias são objeto da terceira

seção. Posteriormente, algumas reflexões finais são apresentadas a título de conclusão do capítulo.

Metodologia

Algumas atividades agropecuárias apresentaram mudanças espaciais marcantes nas microrregiões do Cerrado durante as últimas quatro décadas; para analisá-las, foram utilizadas diferentes metodologias em razão do aspecto específico a ser examinado. Inicialmente, com o propósito de analisar as dinâmicas geográficas registradas pelo valor da produção das culturas temporárias e do rebanho bovino nas microrregiões do Cerrado, realizou-se uma análise univariada da distribuição do ranking normalizado dessas variáveis no período 1975–2015. Medidas de tendência central e de dispersão foram obtidas para as distribuições anuais de tais variáveis, assim como estimativas do 95º percentil. Índices de Gini também foram calculados para avaliar níveis de concentração do valor da produção das culturas temporárias e do efetivo bovino.

Com o intuito de conhecer a intensidade das dinâmicas ocorridas, utilizou-se a distância de Cantor e o coeficiente de correlação de postos de Spearman. Adicionalmente, para identificar as microrregiões mais dinâmicas em termos de evolução do valor da produção das culturas temporárias e da expansão do rebanho bovino, taxas de crescimento do ranking normalizado dessas variáveis foram calculadas.

Por fim, parte das transformações socioeconômicas observadas nas 15 microrregiões com maior dinamismo foram examinadas com base no comportamento apresentado pelas seguintes variáveis: população rural e urbana; pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários; utilização de tratores; e área irrigada. A dinâmica agropecuária em alguns municípios das microrregiões mais dinâmicas foi analisada com base em imagens de satélite e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As seções a seguir apresentam com certo detalhamento os elementos das metodologias utilizadas.

Ranking normalizado, análise de variância e índice de Gini

A análise da dinâmica agropecuária no Cerrado foi conduzida a partir do comportamento de duas variáveis: o valor da produção das culturas temporárias e o efetivo bovino. Tomando-se como ilustração da metodologia utilizada a primeira dessas variáveis, cabe indicar que, inicialmente, os dados referentes a essa variável para o período 1975–2015 foram organizados de 5 em 5 anos, formando nove vetores, cada um com 110 microrregiões, totalizando 990 observações, que foram ordenadas em termos crescentes. O ranking resultante desse procedimento foi posteriormente normalizado por 990, ou seja, pelo maior posto dos valores ordenados. Os resultados obtidos serviram de base para uma análise univariada da distribuição correspondente em cada um dos 9 anos do período 1975–2015². Como parte dessa análise, medidas

² Especificamente, os anos considerados foram 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015.

de tendência central e de dispersão foram obtidas para as distribuições anuais, assim como estimativas do 95º percentil. Além disso, índices de Gini foram calculados para avaliar os níveis de concentração do valor da produção das culturas temporárias nos diferentes anos do período de análise.

A metodologia utilizada compreendeu também uma análise de variância da média da distribuição anual da variável em questão, isto é, do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias³. Além disso, estimou-se a intensidade das mudanças ocorridas com respeito ao comportamento dessa variável ao longo dos anos.

Por fim, com o propósito de identificar as microrregiões com maior dinamismo em termos da mudança apresentada no valor da produção das culturas temporárias, calcularam-se as taxas de crescimento do ranking normalizado dessa variável para o período 1975–2015⁴. Essa metodologia também foi utilizada para analisar a dinâmica espacial do efetivo bovino no Cerrado durante o mesmo período.

Distância de Cantor e coeficiente de correlação de Spearman

Uma das questões de interesse com respeito à dinâmica espacial é conhecer a intensidade das mudanças ocorridas. Nesse sentido, uma das métricas que podem ser utilizadas para se avaliar tal intensidade é a distância de Cantor (Garagorry; Chaib Filho, 2008). Essa medida, entendida como o afastamento ou a distância entre dois conjuntos ou situações, mede a proporção da mudança observada entre os anos s e t (em que $s < t$) para a variável em questão (por exemplo, valor da produção das culturas temporárias ou efetivo bovino), em termos do número total de microrregiões envolvidas nos 2 anos.

Em outras palavras, compara-se a soma das microrregiões que figuravam no ano s e saíram (representado pela variável B na equação a seguir) e das que não estavam no ano s , mas apareceram no ano t (variável C), com o total das microrregiões envolvidas (Garagorry; Chaib Filho, 2008). A distância de Cantor é definida pela seguinte expressão:

$$DistCant = (B + C) / (A + B + C)$$

em que:

A = número de microrregiões que aparece nos conjuntos 1 e 2, simultaneamente;

B = número de microrregiões que aparece somente no conjunto 1;

C = número de microrregiões que aparece somente no conjunto 2.

³ A mesma metodologia foi aplicada à variável efetivo bovino.

⁴ A taxa de crescimento do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias de cada microrregião foi calculada com base nos dados de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015.

O coeficiente de correlação de postos de Spearman, por sua vez, é uma medida estatística não paramétrica usada para avaliar a intensidade da relação entre duas variáveis (Corder; Foreman, 2009). No presente capítulo, ela foi utilizada para examinar a dependência estatística entre dois vetores do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias nas 110 microrregiões do Cerrado. Em outras palavras, utilizou-se o coeficiente de correlação de postos de Spearman para examinar a intensidade das mudanças espaciais entre pares de anos. O mesmo procedimento foi realizado com respeito à variável efetivo bovino.

Êxodo rural

De acordo com Alves (2006), é possível dimensionar o êxodo rural. Para tanto, uma alternativa é estimar a taxa de crescimento da população rural da microrregião de interesse e da população do País – a taxa instantânea de crescimento, por meio da Equação 1 a seguir e aplicá-la na Equação 2.

$$P_f = P_0 \times e^{ar} \quad (1)$$

$$M = A_0 \{[(e^{ar} - 1)(b - a)]/a\} \quad (2)$$

em que:

P_f = a população no final do período;

P_0 = a população no início do período;

a = a taxa instantânea de crescimento da população rural da microrregião;

r = o número de anos do período;

M = o número de pessoas que migraram no período;

A_0 = a população no início do período;

b = a taxa instantânea de crescimento da população total do País.

Essa metodologia indica que o indivíduo deixou o meio rural de uma determinada microrregião e “o destino pode ser o meio rural de outra microrregião ou a cidade” (Alves, 2006, p. 25). A metodologia assume que a população do País e a população rural da microrregião de interesse têm a mesma taxa natural de crescimento. Ademais, “dentro do período, a população rural cresce de acordo com a taxa de crescimento do País” (Alves, 2006, p. 25). A aplicação das equações supracitadas aos dados populacionais do Brasil e das microrregiões do Cerrado produziu os resultados sobre a migração rural-urbana apresentados no presente capítulo.

Geoprocessamento

Foram utilizadas séries de imagens dos satélites Landsat-5/TM e Landsat-8/OLI⁵, com resolução espacial de 30 m referente aos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015. Em caso de alta incidência de nuvens nesses anos, foram selecionadas imagens de anos próximos. As imagens são fornecidas gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos⁶. Para cada município escolhido, foram selecionadas duas áreas de 14.400 ha (1.600 pixels) para o exame de sua dinâmica agrícola. As imagens utilizadas correspondem a situações observadas entre maio e setembro, visto que a incidência de nuvens nesse período é menor, o que permite a realização de melhores análises. Para cada município, procurou-se obter imagens referentes aos 4 anos analisados nos mesmos meses; quando isso não foi possível, foram escolhidos meses próximos.

Os recortes das imagens Landsat são apresentados na composição colorida RGB falsa-cor envolvendo bandas espectrais obtidas nas faixas de comprimento de onda do infravermelho próximo (NIR – do inglês *near infrared*), infravermelho de ondas curtas (SWIR – do inglês *shortwave infrared*) e vermelho (*red*)⁷ (TM: RGB 453, OLI: RGB 564), o que facilita a identificação dos alvos agrícolas (Formaggio et al., 2017). De forma geral, nessa composição, a vegetação fotossinteticamente ativa (exemplo: culturas agrícolas em pleno vigor vegetativo e matas) aparece em matizes da cor vermelha (vermelho, marrom, laranja). Os solos aparecem na cor azul e as áreas com palhada (restos de culturas deixados no campo após a colheita) aparecem na cor ciano, verde ou branca. As pastagens podem apresentar cor avermelhada ou verde, dependendo da quantidade de matéria seca e biomassa. Áreas de vegetação nativa do Cerrado podem apresentar cores mais avermelhadas ou mais esverdeadas, dependendo do tipo de fitofisionomia, ou seja, da porcentagem de árvores, arbustos e gramíneas.

Para a interpretação das imagens, além da cor dos alvos, levam-se também em consideração outros fatores, como o padrão e a forma. Por exemplo, talhões cultivados com cana-de-açúcar normalmente apresentam carregadores que podem ser visualmente identificados nas imagens Landsat. Formas regulares indicam alvos construídos pelo homem, como as áreas irrigadas por pivô central (apresentam formas circulares). Formas irregulares geralmente são indicadores de alvos naturais (exemplo: matas e rios).

Ao combinar dados provenientes de satélites de diferentes resoluções, é possível aumentar o nível de informação que pode ser obtido sobre os alvos analisados. Portanto, junto com os recortes das imagens Landsat, também são apresentadas, para algumas áreas, séries temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis) da

⁵ Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/>>.

⁶ Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

⁷ Nessa composição a banda do infravermelho próximo (NIR), a do infravermelho de ondas curtas (SWIR) e a do vermelho (*red*) são atribuídas aos filtros do vermelho (R), verde (G) e azul (B), respectivamente.

plataforma Terra⁸ de 250 m de resolução espacial. Esses dados estão disponíveis a partir do ano 2000 e foram obtidos do Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SatVeg) da Embrapa⁹. Os dados de NDVI foram obtidos no formato pré-filtrado para eliminar os valores não válidos e com presença de nuvens, seguido de filtragem (método Savitzky-Golay com janela móvel 4) para redução do ruído.

Um perfil de NDVI expressa a variação da biomassa vegetal do alvo observado ao longo do tempo. Portanto, é possível diferenciar grupos de alvos pela análise dos perfis (exemplo: floresta, silvicultura, pastagem, cultura temporária, cultura permanente). Por exemplo, uma cultura vai apresentar valor de NDVI baixo no início do seu desenvolvimento. Esse valor aumenta gradualmente até atingir o máximo NDVI no pico do desenvolvimento vegetativo. Posteriormente, o NDVI diminui à medida que a cultura passa pelas fases de maturação e senescência. Uma floresta nativa apresenta alto valor de NDVI constante, enquanto uma floresta plantada (silvicultura) apresenta alto valor de NDVI até ser colhida (redução brusca do NDVI).

Os municípios analisados foram selecionados com base no dinamismo apresentado pelas microrregiões do Cerrado com respeito às variáveis valor da produção das culturas temporárias e efetivo bovino. Com o objetivo de mostrar a dinâmica em diferentes estados que estão inseridos no bioma do Cerrado contínuo, foram escolhidos municípios do Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Além disso, procurou-se examinar dinâmicas distintas (exemplo: conversão Cerrado-pasto, Cerrado-culturas temporárias, pasto-cultura temporária, cultura temporária-cultura permanente, etc.).

Resultados

Dinâmica espacial das culturas temporárias

Ao se avaliar o valor da produção das culturas temporárias, observa-se uma mudança geográfica significativa dessas culturas no Cerrado entre 1975 e 2015. O grupo formado pelas microrregiões com ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias situadas entre o 95º e o 100º percentil (Grupo Top 5% – GT 5%) modificou-se substancialmente ao longo do tempo (Tabela 1). As microrregiões Sudoeste de Goiás, GO e Dourados, MS se destacaram durante o período em questão, fazendo parte, quase que de forma constante, do GT 5%. Em contraste, as microrregiões de Anápolis, GO, Itapeva, SP e Jaú, SP deixaram de figurar no GT 5% após 1985. Situação similar, porém, mais tardiamente (após o ano 2000), ocorreu com as microrregiões paulistas de São Joaquim da Barra, Ribeirão Preto, Jaboticabal e Araraquara.

⁸ Disponível em: <<https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/modis>>.

⁹ Disponível em: <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/pages/home.html>>.

Tabela 1. Microrregiões integrantes do Grupo Top 5%, período 1975–2015.

Microrregião	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Sudoeste de Goiás, GO	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dourados, MS	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Parecis, MT					■	■	■	■	■
Barreiras, BA						■	■	■	■
Alto Teles Pires, MT						■	■	■	■
Canarana, MT									■
Primavera do Leste, MT							■	■	
São Joaquim da Barra, SP	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ribeirão Preto, SP	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Jaboticabal, SP		■	■	■	■	■	■	■	■
Araraquara, SP		■	■	■	■	■	■	■	■
Jaú, SP			■	■	■	■	■	■	■
Itapeva, SP		■	■	■	■	■	■	■	■
Anápolis, GO	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Participação no total (%)	19,9	28,0	29,2	32,9	23,3	32,5	32,8	30,7	37,4
Total de microrregiões	5	6	6	6	5	6	5	5	6

No lugar das sete microrregiões que deixaram de figurar no GT 5%, três outras passaram a integrar esse grupo a partir de 1995–2000: Parecis, MT, Barreiras, BA e Alto Teles Pires, MT. Dadas essas mudanças, o retrato geográfico das microrregiões de maior destaque em termos de valor da produção das culturas temporárias foi bastante distinto em 2015 vis-à-vis o observado em 1975 (Figura 1).

Em complementação aos resultados apresentados na Tabela 1, a análise de variância do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias no Cerrado em 1975–2015 mostra que as médias dessa variável seguem uma tendência crescente no período. Além disso, em 2005, 2010 e 2015, tais médias não foram diferentes entre si, portanto, formam um intervalo homogêneo em termos da média da variável aqui considerada.

A análise de variância mostra também que, no caso do período 1975–2000¹⁰, a média do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias no Cerrado forma outro intervalo homogêneo, isso porque não há diferença significativa entre as médias da variável considerada. Esses resultados sugerem uma marcada diferença entre o valor da produção das culturas temporárias no Cerrado na década 2005–2015 vis-à-vis ao observado no período 1975–2000 (Figura 2). Uma possível explicação para essa diferença ou mudança é o impacto do aumento da Produtividade Total dos

¹⁰ Os 6 anos considerados são 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 e 2000.

Fatores (PTF) a partir de 1997 e a expansão da produção de culturas temporárias em algumas microrregiões, tais como Primavera do Leste, MT, Canarana, MT, Alto Teles Pires, MT, Barreiras, BA e Parecis, MT.

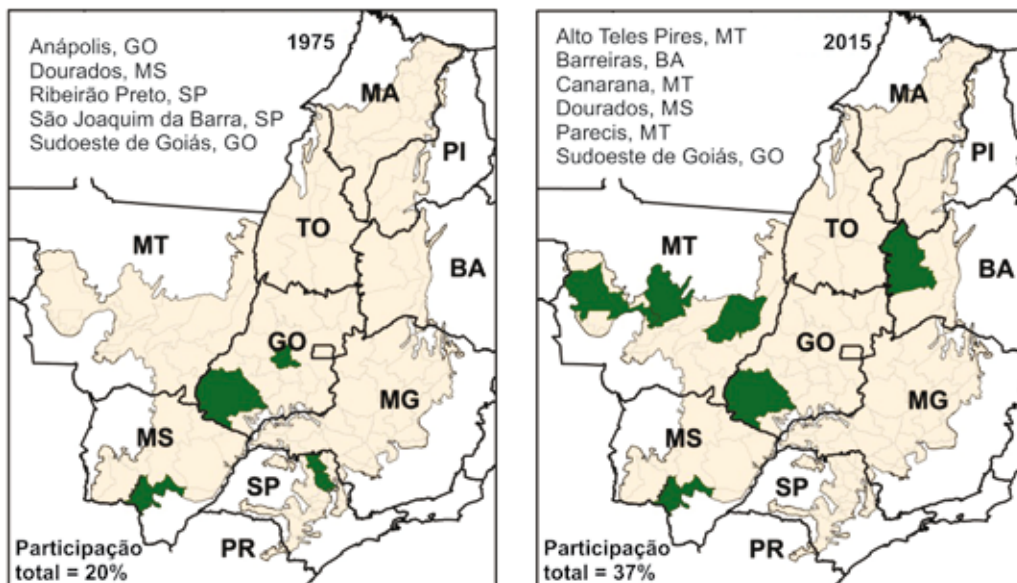


Figura 1. Microrregiões integrantes do Grupo Top 5% em 1975 e em 2015.

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

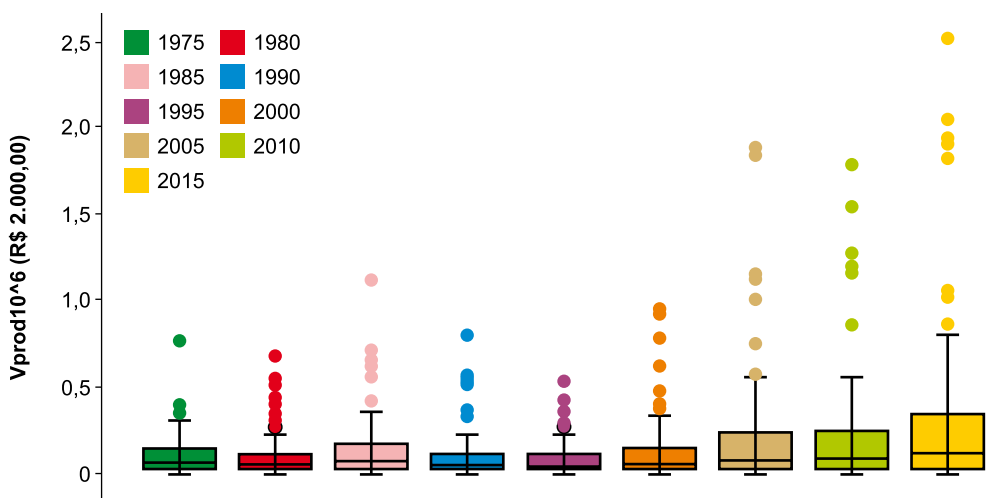


Figura 2. Box plot do ranking normalizado do valor da produção (Vprod) das culturas temporárias no Cerrado, período 1975–2015.

Em relação à PTF, cabe assinalar que ela registrou um salto significativo na década de 1990. Após expandir a uma taxa média anual de crescimento de 3% no período 1975–1997, a PTF cresceu 4,3% ao ano entre 1997 e 2014 (Gasques et al., 2016). Estimativas obtidas recentemente por Gasques (2018) mostraram que a PTF continuou crescendo a uma taxa média de 4% ao ano no período 2000–2016. Para esse autor, um conjunto de fatores está relacionado ao desempenho apresentado pela PTF, entre eles, o crédito rural, a relação de trocas e as exportações¹¹. Os impactos dessas variáveis sobre a PTF foram significativos.

Houve também a presença de alguns *outliers* em diferentes anos do período de análise (Figura 2). Em 1975, o ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias em quatro microrregiões (Sudoeste de Goiás, GO, Dourados, MS, São Joaquim da Barra, SP e Ribeirão Preto, SP) se diferenciou drasticamente do apresentado pelas demais microrregiões. Observa-se também que o número de *outliers* situou-se entre 6 e 11 no período 1980–2015, ou seja, foi relativamente maior do que em 1975. Em relação à existência desses *outliers*, cabe assinalar que a análise de variância do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias no Cerrado durante o período 1975–2015 foi realizada de modo robusto, suavizando a presença de tais *outliers*. Dessa forma, o exame mencionado anteriormente a respeito da tendência de crescimento das médias do valor da produção das culturas temporárias não foi influenciado pelos *outliers*.

Um segundo aspecto a ser assinalado com respeito à dinâmica espacial do valor da produção das culturas temporárias é a crescente concentração dessa variável em um pequeno número de microrregiões (Tabela 2). Em 1975, as cinco microrregiões que conformaram o GT 95% responderam por aproximadamente 20% do valor da produção das culturas temporárias no Cerrado. Após esse ano, a contribuição das microrregiões formadoras do GT 95% (entre cinco e seis microrregiões) seguiu uma trajetória crescente, alcançando 37% em 2015. Essa tendência de concentração do valor da produção em poucas microrregiões é confirmada pelo índice de Gini calculado para o valor da produção das culturas temporárias no Cerrado. Como mostra a Tabela 2, esse índice aumentou de 0,51207 em 1975 para 0,65881 em 2015.

Os resultados da análise da distância de Cantor com respeito ao grupo de microrregiões que fazem parte do GT 5% encontram-se na Tabela 3. A intensidade das mudanças foi mais acentuada nos primeiros quinquênios do período 1975–2015. A situação registrada em 1975, comparada com a de 1980, resultou em um coeficiente relativamente elevado (0,63), o qual indica que a mudança geográfica ocorrida com respeito à variável valor da produção das culturas temporárias envolveu 63% das microrregiões que formaram o GT 95% naqueles 2 anos. Análises similares para 1980 e 1985 mostram também uma dinâmica espacial bem acentuada (0,50).

¹¹ Os impactos dessas variáveis sobre a PTF foram estatisticamente significativos.

Tabela 2. Valor da produção das culturas temporárias no Cerrado: média, mediana e índice de Gini, período 1975–2015.

Ano	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Mediana	Índice de Gini
1975	765.768,53	-	98.162,49	60.827,92	0,51207
1980	677.105,49	-	97.161,54	49.638,18	0,56481
1985	1.131.275,71	-	128.064,11	68.847,30	0,56710
1990	797.664,28	3.754,68	87.349,20	40.289,70	0,59472
1995	531.388,49	4.162,97	82.120,37	41.075,40	0,57726
2000	949.664,00	4.093,55	118.137,23	48.879,30	0,63919
2005	1.882.132,85	4.817,64	193.582,77	74.261,88	0,65606
2010	1.773.925,80	4.276,62	206.104,64	86.450,32	0,63296
2015	2.510.404,36	3.323,56	274.151,49	115.819,39	0,65881

Em relação às demais distâncias de Cantor apresentadas na diagonal da Tabela 3, nota-se que os valores seguem uma tendência de queda. Não obstante, os coeficientes obtidos para as comparações entre 1990–1995, 1995–2000, 2000–2005 e 2005–2010 são relativamente elevados (0,43 e 0,33), o que sugere mudanças significativas entre intervalos de tempo de 5 anos. Cabe observar também que os coeficientes apresentados ao longo de uma mesma linha indicam, de modo geral, mudanças bastante intensas.

Tabela 3. Valor da produção das culturas temporárias. Distância de Cantor entre pares de anos – microrregiões do Cerrado pertencentes ao Grupo Top 5%.

Ano	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
1975	0,63	0,43	0,43	0,33	0,63	0,89	0,75	0,78
1980		0,50	0,29	0,63	0,80	1,00	0,90	0,91
1985			0,29	0,43	0,67	0,90	0,78	0,80
1990				0,43	0,67	0,90	0,78	0,80
1995					0,43	0,75	0,57	0,63
2000						0,43	0,17	0,29
2005							0,33	0,43
2010								0,17

Como complementação à análise das distâncias de Cantor, calculou-se o coeficiente de correlação de postos de Spearman para o valor da produção das culturas temporárias nas diferentes microrregiões do Cerrado¹² no período 1975–2015 (Tabela 4).

¹² O número de observações consideradas na estimação do coeficiente de correlação para os pares de anos considerados foi 110, que corresponde ao número de microrregiões que conformam o Cerrado brasileiro (ver Tabela 1 no Anexo 1).

Os resultados obtidos indicam uma correlação relativamente menor entre os dados do período 1975–1990. Em contraste, os coeficientes estimados para 1990–2015 são maiores e seguem uma trajetória crescente, portanto, corroboram que as mudanças espaciais registradas em 1975–2015 foram mais intensas que aquelas do subperíodo 1975–1990. Os motivos para esse comportamento incluem os impactos do processo de modernização da agricultura no Cerrado iniciada a partir de meados dos anos 1970.

Cabe ainda mencionar que algumas microrregiões apresentaram um forte dinamismo em termos do desempenho registrado pela evolução do valor da produção das culturas temporárias no período 1975–2015. Estimando-se esse desempenho pela taxa de crescimento do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias no período em questão¹³ para as 110 microrregiões que formam o Cerrado, observou-se que dez microrregiões apresentaram taxas de crescimento superiores a 20%, sendo cinco delas do Mato Grosso, duas do Piauí e as demais da Bahia, Maranhão e Goiás (Figura 3). Entre as diferentes microrregiões, as de Primavera do Leste, Paranatinga e Canarana se distinguem de todas as outras, uma vez que as suas taxas de crescimento são maiores do que 90%.

As figuras apresentadas no Apêndice ilustram com clareza o dinamismo individual das microrregiões do Cerrado. A esse respeito, assinala-se que as microrregiões de Iporá, GO, Codó, MA, Caxias, MA, Bocaiúva, MG e Capelinha, MG, entre outras, registraram taxas negativas de crescimento do ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias no período 1975–2015. No caso dessas microrregiões, a magnitude das taxas calculadas (entre -16,5% e -21,2%) sugere uma queda significativa do desempenho das culturas temporárias nessas localidades.

Dinâmica espacial do efetivo bovino

Dado os recursos existentes no Cerrado e o rápido desenvolvimento da região, não é surpreendente que a pecuária bovina, da mesma forma que as culturas temporárias, tenha apresentado também mudanças espaciais significativas no bioma entre 1975 e 2015. Segundo Teixeira e Hespanhol (2014), o Centro-Oeste se destacou como uma das principais regiões de rápido crescimento do rebanho bovino no País a partir dos anos 1960. Vários fatores contribuíram para esse desempenho, entre eles: a existência de vastas áreas de planalto com clima e altitudes médias favoráveis ao desenvolvimento da pecuária; a localização da região no centro do País, o que favorece a ligação com grandes mercados consumidores localizados em outras áreas do Brasil, especialmente no Sudeste; a introdução de pastagens plantadas, principalmente as

¹³ A taxa foi calculada a partir dos dados observados no período 1975–2015 (organizados em subperíodos de 5 anos, 1975, 1980, 1985, ..., 2015) nas 110 microrregiões que formam o Cerrado.

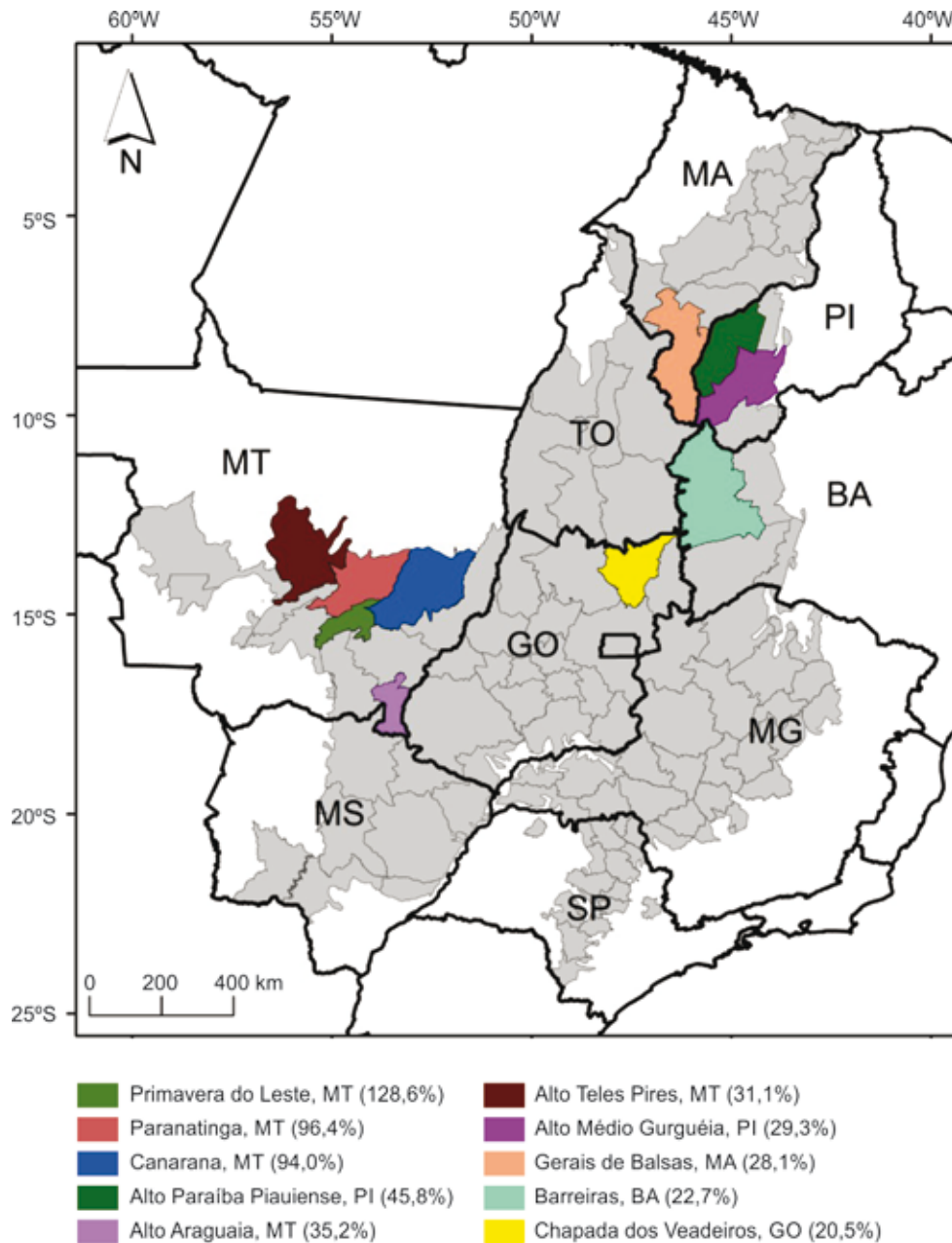


Figura 3. Localização das microrregiões mais dinâmicas no bioma Cerrado em termos da expansão do valor real da produção das culturas temporárias, período 1975–2015.

do gênero *Brachiaria*; e o deslocamento de um grande número de unidades de abate de bovinos das regiões Sul e Sudeste para o Centro-Oeste¹⁴.

Não obstante o rápido crescimento da pecuária bovina no Centro-Oeste e em especial nas suas áreas de Cerrado, a expansão observada não ocorreu de forma uniforme na região. Examinando as microrregiões que integraram o GT 5% em termos do efetivo bovino em 1975–2015 (Tabela 5), observa-se que quatro delas (Sudoeste de Goiás, GO, Alto Taquari, MS, Campo Grande, MS e Três Lagoas, MS) figuraram praticamente de modo constante nesse grupo, especialmente durante as últimas três décadas do período analisado. Destaque especial entre tais microrregiões é dado ao Sudoeste de Goiás por fazer parte do GT 5% desde 1975. Esse fato caracteriza essa microrregião como uma das de maior tradição em termos de contar com um grande rebanho bovino durante vários anos. Entretanto, embora a microrregião tenha permanecido entre as de maior rebanho bovino, o efetivo existente (principalmente em Rio Verde e Jataí, municípios goianos tradicionalmente com grandes rebanhos) vem diminuindo em decorrência do crescimento da produção de soja e milho em substituição às áreas de pastagens, sobretudo em razão da maior rentabilidade por hectare desses grãos (Nascimento et al., 2016).

Na Tabela 5 mostra-se também que as microrregiões de Meia Ponte, GO, Quirinópolis, GO, Frutal, MG e Uberlândia, MG deixaram de participar do GT 5% a partir do início de 1990. Fato similar ocorreu com a microrregião de Rio Vermelho, GO, a qual fez parte do GT 5% somente em meados da década de 1990. Esses resultados sugerem que as principais mudanças espaciais observadas no período 1975–2015 com respeito à variável rebanho bovino ocorreram nos estados de Goiás e Minas Gerais com a saída dessas cinco microrregiões do GT 5%. Além disso, os resultados assinalam o deslocamento geográfico da pecuária bovina para três microrregiões do Mato Grosso do Sul a partir da segunda metade dos anos 1980, assim como para outra do estado de Goiás (São Miguel do Araguaia) desde 2005.

Cabe assinalar que a participação do GT 5% no rebanho bovino brasileiro vem caindo ao longo do tempo (Tabela 5). Uma hipótese nesse sentido é que a migração da bovinocultura para outras regiões, sobretudo para o Norte do País, esteja diminuindo a importância relativa das microrregiões detentoras, até então, dos maiores rebanhos bovinos no Cerrado. Embora o efetivo bovino nesse bioma tenha crescido cerca de 100% ao longo do período 1975–2015, a taxa de crescimento da atividade na região, bem como a participação do Cerrado no rebanho total do Brasil, vem caindo após meados dos anos 1990.

A hipótese acima é corroborada pela evolução do nível de concentração do efetivo bovino nas microrregiões integrantes do GT 5%. A evolução da concentração do efetivo bovino nessas microrregiões em 1975–2015 caracterizou duas situações

¹⁴ Entre outros fatores, o Fundo Constitucional do Centro-Oeste e a concessão de incentivos fiscais pelos estados da região contribuíram significativamente para a migração dos frigoríficos.

Tabela 5. Microrregiões integrantes do Grupo Top (GT) 5% – efetivo bovino do Cerrado, período 1975–2015.

Microrregião	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Sudoeste de Goiás, GO									
Alto Taquari, MS									
Campo Grande, MT									
Três Lagoas, MS									
São Miguel do Araguaia, GO									
Dourados, MS									
Meia Ponte, GO									
Frutal, MG									
Rio Vermelho, GO									
Quirinópolis, GO									
Uberlândia, MG									
Total Cerrado (mil cabeças)	34.533	42.529	49.771	57.797	64.906	66.549	75.239	74.608	76.115
Total Top 5% (mil cabeças)	5.696	7.645	10.996	13.412	14.129	15.467	14.705	10.517	9.889
Participação (%)	16,5	18,0	22,1	23,2	21,8	23,2	19,5	14,1	13,0
Microrregiões	5	5	6	6	5	6	5	5	5

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

distintas (Tabela 6). A primeira, entre 1975 e 1995, quando se observa um aumento da concentração, e a segunda, marcada por um comportamento inverso nos anos subsequentes até 2015. Conforme assinalado anteriormente, a diminuição da concentração do rebanho bovino no GT 5% se deve em boa medida à expansão da bovinocultura para a região Norte do Brasil.

Tabela 6. Efetivo bovino no Cerrado: média, mediana e índice de Gini, 1975–2015.

Ano	Efetivo máximo	Efetivo mínimo	Média	Mediana	Índice de Gini
1975	1.548.129	0	313.934	230.426	0,47163
1980	2.074.784	0	386.626	262.959	0,48780
1985	2.324.808	0	452.463	295.602	0,49958
1990	2.846.000	18.039	525.427	337.468	0,50703
1995	3.917.835	16.316	590.057	376.911	0,51810
2000	3.851.369	20.902	604.991	379.304	0,51573
2005	4.228.403	25.540	683.992	438.733	0,51223
2010	3.705.270	17.362	678.250	481.316	0,50560
2015	3.243.254	14.913	691.957	470.703	0,49767

Uma questão de interesse relacionada à expansão do rebanho bovino no Cerrado em 1975–2015 é examinar o comportamento apresentado por essa variável durante esse intervalo de tempo, a fim de identificar a existência de subperíodos com características próprias que denotariam diferentes realidades ou mudanças particulares ao longo do tempo. Uma maneira de realizar esse exame é por meio da análise de variância do ranking normalizado do efetivo bovino em 1975–2015 (Figura 4). A condução dessa análise revela a existência de três períodos particulares: 1975–1985, 1990–2000 e 2005–2015.

O período de 1975 a 1985 corresponde à fase inicial de crescimento mais acentuado do rebanho bovino no Cerrado. A expansão da bovinocultura nesse primeiro momento, considerado como um período predominantemente de pecuária extensiva, resultou, em boa medida, de políticas e programas adotados pelo governo para estimular a ocupação do Cerrado e ampliar a fronteira agrícola. Investimentos em infraestrutura de transportes e a seleção de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas do Cerrado também contribuíram significativamente para o crescimento da pecuária extensiva em 1975–1985. De acordo com Martha Júnior et al. (2007), a maior parte da vegetação nativa derrubada no Cerrado e as pastagens renovadas foram cultivadas, inicialmente, com a *Brachiaria decumbens* ‘Basilisk’, graças à sua baixa exigência em fertilidade do solo e capacidade de rebrota após a queima, assim como de gerar um melhor desempenho animal. Posteriormente, com o ataque crescente da cigarrinha-das-pastagens, a *B. decumbens* foi substituída pelo capim-braquiarião (*B. brizantha*) e pelo capim *Andropogon* (*Andropogon gayanus* ‘Planaltina’).

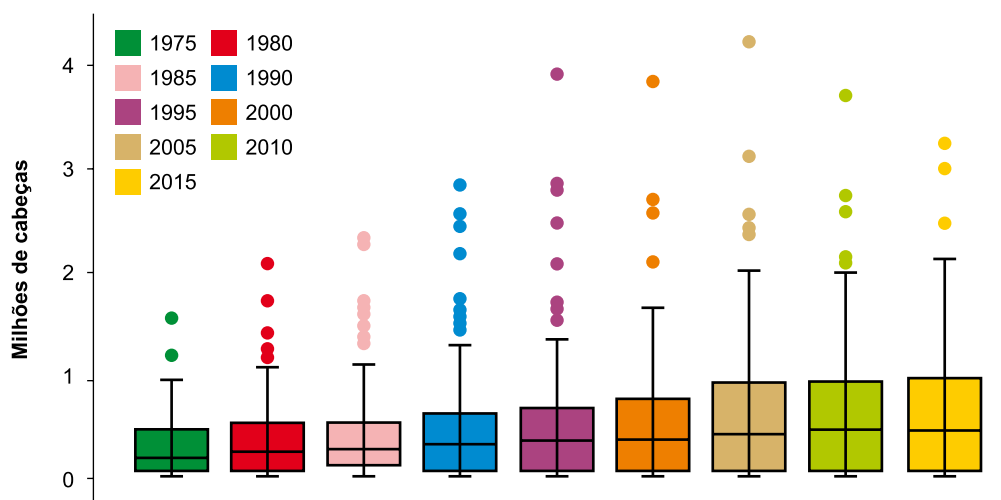


Figura 4. Box plot do ranking normalizado do efetivo bovino no Cerrado, período 1975–2015.

O período 1990–2000 também se caracterizou por registrar um crescimento substancial do rebanho bovino no Cerrado. Entretanto, diferentemente do ocorrido na década anterior, a expansão do rebanho resultou, principalmente, da necessidade de maior intensificação e profissionalização da pecuária bovina nacional. Conforme assinalado por Barioni et al. (2003), a menor volatilidade financeira juntamente com taxas de juro real mais elevadas desestimularam a prática de investir na pecuária como forma exclusiva de reserva de capital. Diante desse quadro, observou-se um uso mais intenso dos recursos do sistema e maiores cuidados com a gestão do negócio pecuário, o que levou a uma expansão significativa do rebanho bovino no Cerrado.

O terceiro período (2005–2015), por sua vez, se distingue por uma expansão menos acelerada do rebanho bovino no Cerrado. Durante esse período, o deslocamento da bovinocultura para a região Norte do Brasil e a substituição parcial de áreas de pastagem no Cerrado pelo cultivo de grãos, silvicultura e cana-de-açúcar (entre outros produtos) levaram a um crescimento relativamente menor do efetivo bovino na região.

É interessante assinalar que as distâncias de Cantor calculadas para 1975–1980 e 1980–1985 indicam que a dinâmica espacial ocorrida nesses períodos foi relativamente intensa (Tabela 7). Em outras palavras, as mudanças ocorridas nos conjuntos de microrregiões formadoras do GT 5% com respeito à variável efetivo bovino afetaram 33% das microrregiões formadoras desse grupo em 1980 vis-à-vis ao registrado em 1975. No caso de 1985, 43% das microrregiões do GT 5% apresentaram mudanças significativas em comparação com a situação observada em 1980.

Na Tabela 7 também se ilustra que a intensidade das mudanças geográficas foi relativamente mais elevada entre 1990 e 2005 (coeficiente 0,43 para os pares de anos do período). Em contraste com essa situação, em 2005–2015, a intensidade da dinâmica

Tabela 7. Distância de Cantor entre pares de anos relativa ao efetivo bovino encontrado nas microrregiões do Cerrado pertencentes ao Grupo Top 5%.

Ano	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
1975	0,333	0,625	0,625	0,750	0,625	0,750	0,889	0,889
1980		0,429	0,625	0,750	0,625	0,750	0,889	0,889
1985			0,286	0,625	0,500	0,429	0,625	0,625
1990				0,429	0,286	0,167	0,429	0,429
1995					0,429	0,333	0,571	0,571
2000						0,167	0,429	0,429
2005							0,333	0,333
2010								0,000

espacial registrou uma tendência de queda, chegando inclusive a não apresentar mudança entre as microrregiões formadoras do GT 5% no período 2010–2015.

Esse resultado é confirmado pela análise de correlação de postos de Spearman para o efetivo bovino (Tabela 8). Como se pode observar, há altos coeficientes para os períodos mais recentes, o que indica menores mudanças espaciais. Quando os coeficientes de 1990 são comparados com os estimados para os anos subsequentes, nota-se que todos se situam acima de 0,92.

Examinando-se a taxa de crescimento do ranking normalizado do efetivo bovino das 110 microrregiões do Cerrado em 1975–2015, observa-se que dez microrregiões se destacam por terem apresentado maior dinamismo em termos de expansão do rebanho bovino no período (Tabela 9; Figura 5). Entre os diferentes estados da região, Mato Grosso abriga a maioria dessas microrregiões, ou seja, Canarana, Paranatinga, Primavera do Leste, Alto Teles Pires, Parecis e Rosário Oeste. É interessante assinalar que as quatro primeiras dessas microrregiões figuram também entre as regiões mais dinâmicas em relação ao crescimento das culturas temporárias.

O estado de São Paulo, em contrapartida, abriga todas as microrregiões com dinamismo negativo em relação à evolução do rebanho bovino, isto é, aquelas que registraram taxas de crescimento negativas no período 1975–2015: Rio Claro, Batatais, São Carlos, Jaboticabal, Ribeirão Preto, Araraquara, Barretos, Ituverava e São Joaquim da Barra. As explicações para a redução da bovinocultura de leite nesse estado incluem a sua substituição por atividades de maior rendimento por área, como o cultivo da cana-de-açúcar e eucalipto (Bueno, 2015).

Analisando a bovinocultura em Jataí, GO, Nascimento et al. (2016, p. 261) indicaram que, no Cerrado, “a migração da pecuária decorre da implantação de culturas alternativas, como a soja, o milho e a cana”. Esse processo acaba por exercer maior pressão sobre a atividade pecuária, resultando em melhor eficiência produtiva. De acordo com Sousa (2017), o desenvolvimento da pecuária está vinculado ao aproveitamento

Tabela 9. Microrregiões do Cerrado mais dinâmicas em termos de expansão do efetivo bovino, período 1975–2015.

Microrregião	Unidade federativa	Taxa de crescimento (%)
Canarana	MT	94,6
Paranatinga	MT	91,0
Primavera do Leste	MT	87,6
Alto Teles Pires	MT	57,5
Presidente Dutra	MA	27,7
Parecis	MT	25,0
Rosário Oeste	MT	23,7
Cassilândia	MS	22,4
Bico do Papagaio	TO	22,1
Bertolínia	PI	21,6

do território e à ocupação de áreas mais remotas, com destaque para o crescimento nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima nos períodos mais recentes. Em contrapartida, nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, o efetivo bovino vem-se estabilizando.

Transformações socioeconômicas nas microrregiões com maior dinamismo agropecuário

As reflexões anteriores foram complementadas com uma análise descritiva das transformações socioeconômicas nas 15 microrregiões mais dinâmicas em termos de expansão do valor da produção das culturas temporárias (Figura 3) e do efetivo bovino (Tabela 9). Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

População rural e migração rural-urbana

A população do Cerrado cresceu aproximadamente 130% no período 1970–2010, passando de 12,6 milhões de habitantes para 29 milhões (Tabela 10). Durante esse período houve uma forte expansão da população urbana na região e uma acentuada queda da população rural. Enquanto a população urbana mais do que triplicou, aumentando de 6 milhões em 1970 para 24,7 milhões em 2010, a população rural diminuiu de 6,6 milhões para 4,3 milhões, ou seja, uma redução de 35%. Em comparação com o observado em nível nacional (expansão de 209% da população urbana e queda de 27% da população rural), a mudança na população rural e urbana no Cerrado foi muito mais acentuada.

Em relação às microrregiões do Cerrado com maior dinamismo em termos de expansão do valor da produção das culturas temporárias e da evolução do efetivo bovino no período 1975–2015 (Figura 3; Tabela 9), observa-se que Alto Teles Pires, MT e Parecis, MT destacam-se por registrar um extraordinário aumento da população

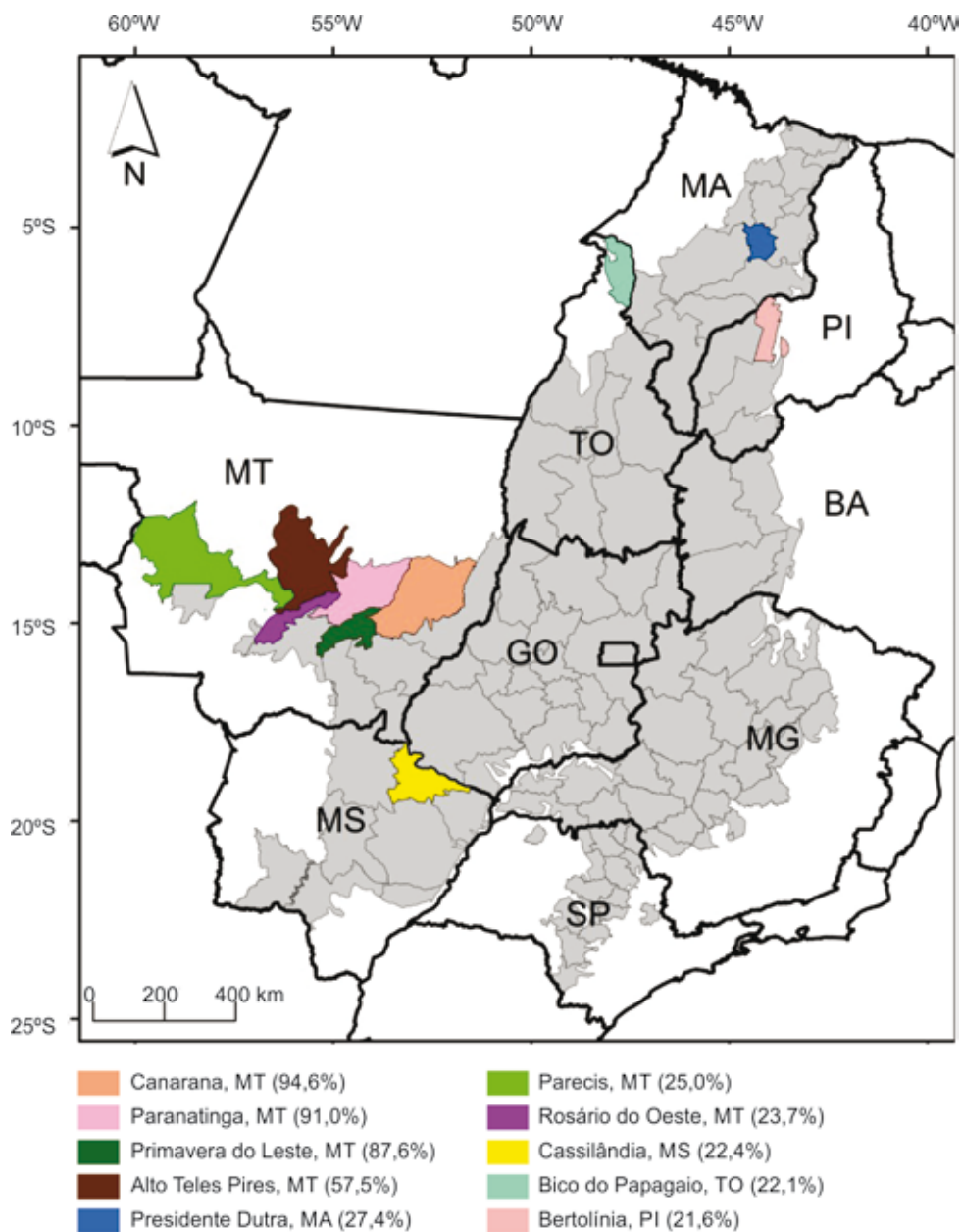


Figura 5. Localização das microrregiões mais dinâmicas no bioma Cerrado em termos da expansão do efetivo bovino, período 1975–2015.

entre 1970 e 2010. Durante esse período, a população total nessas microrregiões expandiu 3.260% e 1.660%, respectivamente. A expansão observada ocorreu tanto com respeito à população rural (Alto Teles Pires: 681%; Parecis: 327%) como com a urbana (9.603% em Alto Teles Pires; 5.539% em Parecis).

Tabela 10. População rural, urbana e total no Brasil, no Cerrado e nas microrregiões mais dinâmicas, período 1970–2010.

Microrregião	População total			População rural			População urbana			
	1970	1991	2010	1970	1991	2010	1970	1991	2010	
Paranatinga, MT	-	27.995	32.896	-	13.401	10.172	-	14.594	18.304	22.724
Primavera do Leste, MT	-	18.498	83.655	-	5.892	8.912	-	12.606	49.604	74.743
Canarana, MT	-	65.967	99.416	-	31.359	34.359	-	34.608	51.744	65.057
Alto Araguaia, MT	13.437	22.090	34.066	6.661	4.624	3.467	6.776	17.466	19.989	30.599
Alto Parnaíba Piaulense, PI	23.763	33.442	43.606	19.117	19.893	13.621	4.646	13.549	20.279	29.985
Alto Médio Gurguéia, PI	45.424	68.422	88.076	37.709	42.571	38.144	7.715	25.851	37.633	49.932
Alto Teles Pires, MT	5.692	50.839	191.228	4.047	21.017	31.621	1.645	29.822	75.843	159.607
Gerais de Balsas, MA	49.433	86.239	130.425	38.308	42.374	33.846	11.125	43.865	69.922	96.579
Barreiras, BA	67.964	164.414	286.118	50.432	70.354	70.023	17.532	94.060	146.126	216.095
Chapada dos Veadeiros, GO	729.021	49.723	62.684	23.580	25.528	20.544	5.441	24.195	34.339	42.140
Bico do Papagaio, TO	87.680	141.530	196.367	69.737	73.935	66.516	17.943	67.595	110.993	129.851
Presidente Dutra, MA	128.848	167.855	191.024	101.519	99.928	80.587	27.329	67.927	99.268	110.437
Cassilândia, MS	12.476	37.217	60.309	6.312	10.829	7.676	6.164	26.388	38.169	52.633
Parecis, MT	5.076	32.209	89.344	3.778	12.187	16.145	1.298	20.022	45.350	73.199
Rosário Oeste, MT	26.898	30.585	30.891	21.161	14.776	14.364	5.737	15.809	16.406	16.527
Total Cerrado	12.621.580	20.930.782	28.990.177	6.631.937	5.215.005	4.299.604	5.989.643	15.715.777	20.479.211	24.690.573
Total Brasil	93.134.846	146.825.475	190.747.731	41.037.586	35.834.485	29.823.591	52.097.260	110.990.990	137.953.959	160.924.140

Fonte: IBGE (2018).

A dinâmica populacional registrada nessas microrregiões resultou principalmente das oportunidades econômicas e de trabalho oferecidas pela região, assim como do interesse empreendedor de diferentes profissionais e de suas famílias. Uma evidência aproximada desse fato é que, segundo dados do IBGE (2018), o valor da produção das culturas temporárias em Alto Teles Pires, MT, medido a preços de 2000, aumentou de R\$ 8,9 milhões em 1975 para R\$ 2,5 bilhões em 2015, ou seja, um crescimento de 28.042%. No caso de Parecis, MT, o aumento foi de 34.562%, passando de R\$ 5,6 milhões para R\$ 1,9 bilhão no mesmo período.

A análise de êxodo rural (comparando dados populacionais do Brasil e das microrregiões do Cerrado) indica que o meio rural de Alto Teles Pires, MT e de Parecis, MT, ao invés de perder população em 1970–2010 como ocorreu com a maioria das microrregiões, ganhou mais habitantes. Como ilustra a Tabela 11, a primeira dessas microrregiões recebeu contingentes adicionais de pessoas no meio rural em todos os quatro subperíodos analisados, especialmente em 1980–1991, quando quase 13 mil habitantes foram agregadas à população rural da região. Parecis, MT, por sua vez, recebeu entre 2.300 e 2.600 pessoas em cada uma das décadas no período 1970–2000. Em comparação com a população rural existente no início do período, o maior aumento relativo em Parecis, MT ocorreu em 1970–1980 com a inclusão de um contingente adicional de pessoas que correspondeu a 70% do total observado em 1970.

Além de Alto Teles Pires, MT e Parecis, MT, três outras microrregiões do Cerrado registraram crescimento populacional relativamente elevado no período 1970–2010 (acima de 300%): Cassilândia, MS (383%), Primavera do Leste, MT (352%) e Barreiras, BA (321%). Em 1970–2010, a população rural em cada uma dessas microrregiões aumentou um pouco mais de 21% em comparação com o observado no início do período, enquanto a população urbana expandiu mais de 493% no mesmo período.

Nos períodos 1980–1991 e 2000–2010, a zona rural de Barreiras, BA recebeu um fluxo adicional de aproximadamente 2.300 pessoas em cada um deles (Tabela 11). As populações rurais de Primavera do Leste, MT e de Cassilândia, MS também aumentaram ao invés de registrar uma migração de parte dos habitantes para áreas urbanas. Na primeira dessas microrregiões, isso ocorreu nos períodos mais recentes, isto é, em 1991–2000 e em 2000–2010, sendo que, em Cassilândia, o ingresso de mais pessoas na zona rural foi observado na década de 1980.

Apesar de algumas microrregiões terem registrado expansão da população rural ao invés de uma migração rural-urbana, o resultado geral observado no Cerrado foi um êxodo substancial de habitantes da área rural dessa região para o meio rural de outros biomas ou para cidades. Como se ilustra na Tabela 11, o número de pessoas que migraram da zona rural no Cerrado seguiu uma trajetória de queda no período 1970–2010, diminuindo de 2,2 milhões de pessoas em 1970–1980 para 597 mil em 2000–2010.

Tabela 11. Migração rural-urbana nas microrregiões mais dinâmicas do Cerrado, período 1970–2010.

Microrregião	Período	Taxa de crescimento pop. rural (%)	Taxa de crescimento pop. país (%)	Migração (Número)	Migração % do ano base (%)
	1970–1980	-	2,45	-	-
Paranatinga, MT	1980–1991	-1,56	1,91	5.575	35,05
	1991–2000	-2,91	1,61	4.805	35,86
	2000–2010	-0,13	1,16	1.329	12,89
	1970–1980	-	2,45	-	-
Primavera do Leste, MT	1980–1991	-	1,91	-	-
	1991–2000	2,64	1,61	-615	-10,44
	2000–2010	1,76	1,16	-487	-6,52
	1970–1980	-	2,45	-	-
Canarana, MT	1980–1991	2,46	1,91	1.676	7,01
	1991–2000	-1,50	1,61	8.233	26,25
	2000–2010	2,27	1,16	-3.393	-12,39
	1970–1980	-1,07	2,45	2.227	33,43
Alto Araguaia, MT	1980–1991	-2,34	1,91	2.466	41,22
	1991–2000	-0,98	1,61	1.035	22,38
	2000–2010	-1,99	1,16	1.211	28,61
	1970–1980	0,72	2,45	3.427	17,93
Alto Parnaíba Piauiense, PI	1980–1991	-0,29	1,91	4.904	23,86
	1991–2000	-2,24	1,61	6.248	31,41
	2000–2010	-1,77	1,16	4.377	26,91

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Microregião	Período	Taxa de crescimento pop. rural (%)	Taxa de crescimento pop. país (%)	Migração (Número)	Migração % do ano base (%)
Alto Médio Gurguéia, PI	1970-1980	0,90	2,45	6.125	16,24
	1980-1991	0,28	1,91	7.490	18,15
	1991-2000	-0,79	1,61	8.902	20,91
	2000-2010	-0,38	1,16	6.022	15,19
Alto Teles Pires, MT	1970-1980	3,27	2,45	-394	-9,74
	1980-1991	12,00	1,91	-12.951	-230,65
	1991-2000	2,40	1,61	-1.666	-7,93
	2000-2010	1,93	1,16	-2.180	-8,35
Gerais de Balsas, MA	1970-1980	0,41	2,45	7.966	20,79
	1980-1991	0,54	1,91	6.198	15,52
	1991-2000	-2,02	1,61	12.673	29,91
	2000-2010	-0,43	1,16	5.511	15,60
Barreiras, BA	1970-1980	0,86	2,45	8.404	16,66
	1980-1991	2,25	1,91	-2.326	-4,23
	1991-2000	-1,73	1,61	19.620	27,89
	2000-2010	1,51	1,16	-2.257	-3,75
Chapada dos Veadeiros, GO	1970-1980	1,62	2,45	2.116	8,97
	1980-1991	-0,76	1,91	7.804	28,13
	1991-2000	-1,82	1,61	7.279	28,51
	2000-2010	-0,53	1,16	3.583	16,53

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Microregião	Período	Taxa de crescimento pop. rural (%)	Taxa de crescimento pop. país (%)	Migração (Número)	Migração % do ano base (%)
Bico do Papagaio, TO	1970-1980	1,03	2,45	10.409	14,92
	1980-1991	-0,41	1,91	19.289	24,94
	1991-2000	-1,74	1,61	20.654	27,93
	2000-2010	0,51	1,16	4.260	6,74
Presidente Dutra, MA	1970-1980	0,62	2,45	19.216	18,93
	1980-1991	-0,70	1,91	29.870	27,66
	1991-2000	-2,61	1,61	33.884	33,91
	2000-2010	0,20	1,16	7.684	9,73
Cassilândia, MS	1970-1980	-0,91	2,45	2.030	32,16
	1980-1991	5,74	1,91	-3.381	-58,69
	1991-2000	-1,98	1,61	3.207	29,61
	2000-2010	-1,66	1,16	2.359	26,03
Parecis, MT	1970-1980	7,23	2,45	-2.640	-69,88
	1980-1991	4,08	1,91	-2.349	-30,21
	1991-2000	3,48	1,61	-2.407	-19,75
	2000-2010	-0,32	1,16	2.439	14,63
Rosário Oeste, MT	1970-1980	-1,80	2,45	8.230	38,89
	1980-1991	-1,63	1,91	6.302	35,65
	1991-2000	0,38	1,61	1.662	11,25
	2000-2010	-0,63	1,16	2.661	17,39
Total Cerrado	1970-1980	-1,09	2,45	2.224.897	33,55
	1980-1991	-1,2	1,91	1.903.100	32,00
	1991-2000	-1,91	1,61	1.520.797	29,16
	2000-2010	-0,21	1,16	596.561	13,59

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

Ocupação na agricultura

Um segundo elemento de interesse com respeito a mudanças socioeconômicas ocorridas nas microrregiões mais dinâmicas do Cerrado nos últimos 40 anos é a evolução da ocupação em estabelecimentos agropecuários nessas regiões. Tomando-se o Cerrado como um todo, o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos rurais nesse bioma aumentou de 2,8 milhões em 1970 para 3,8 milhões em 1985, porém, nos 20 anos seguintes, seguiu-se uma trajetória de queda, registrando um total de 3 milhões em 1995 e de 2,8 milhões em 2006 (Tabela 12). A redução de 800 mil trabalhadores entre 1985 e 1995 resultou, principalmente, da diminuição do número de responsáveis pelos estabelecimentos produtivos e de membros da família¹⁵ que colaboravam na execução das atividades na propriedade. Por sua vez, a diferença de 225 mil pessoas ocupadas registrada no período 1995–2006 é atribuída, em grande medida, à queda de 54% no número de empregados permanentes.

Ao considerar as diferentes categorias de ocupação nos estabelecimentos¹⁶, a mão de obra familiar é a que predominou nos estabelecimentos do Cerrado no período 1970–2006. Em 1970, o número de responsáveis pela administração do estabelecimento e membros da família que ajudavam na execução dos trabalhos, sem receber remuneração pelos serviços prestados, era de 2.154.589 pessoas, respondendo por 76% do pessoal ocupado na agricultura do Cerrado. Essa participação foi um pouco menor nos anos seguintes, porém, manteve-se elevada, situando-se entre 65% e 74% em 1975–2006. A segunda categoria de ocupação rural mais importante no Cerrado em 1970–2006 foi, em termos gerais, a de empregados temporários. Ela apresentou uma contribuição ligeiramente superior à do grupo de empregados permanentes para a ocupação total agrícola ao longo do período analisado, exceto em 1995 (Tabela 12). Em contraste com todas as categorias de ocupação, a de parceiros registrou uma queda acentuada, diminuindo de 89.568 trabalhadores em 1970 para 9.308 em 2006.

Em relação às 15 microrregiões mais dinâmicas (Figura 3; Tabela 9), duas delas, Alto Teles Pires e Parecis, no Mato Grosso, apresentaram aumentos substanciais da população ocupada nos estabelecimentos agropecuários entre 1970 e 2006 (Tabela 12). Na primeira dessas microrregiões, o número total de pessoas ocupadas nos estabelecimentos aumentou de 1.535 em 1970 para 20.546 em 2006, isto é, uma expansão de 1.239%. No caso de Parecis, o aumento observado no mesmo período foi relativamente similar (1.032%), passando de 1.264 trabalhadores para 14.317. Quatro outras microrregiões integrantes do grupo das mais dinâmicas (Canarana, MT, Alto Médio

¹⁵ O número de pessoas ocupadas pertencentes à categoria “responsáveis pelos estabelecimentos produtivos e de membros da família” sofreu uma queda de 70% entre 1985 e 1995.

¹⁶ Segundo o IBGE/Censo Agropecuário, as categorias de ocupação nos estabelecimentos agropecuários incluem: o responsável pela administração do estabelecimento e membros da família que ajudam na execução dos trabalhos sem serem remunerados pelos serviços prestados; empregados permanentes; empregados temporários; parceiros; e outros (pessoas cujo regime de trabalho difere do pessoal dos grupos anteriores).

Tabela 12. Pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários nas microrregiões mais dinâmicas do Cerrado, período 1970–2006.

Ano	Microrregião	População ocupada total	Proprietários e membros da família	Empregados permanentes	Empregados temporários	Parceiros	Outros
1980		6.541	4.635	1.025	748	63	70
1985	Paranatinga, MT	7.850	5.311	1.586	854	58	41
1995		6.353	4.020	1.456	760	14	103
2006		6.741	4.970	1.386	373	1	11
1995	Primavera do Leste, MT	5.281	1.752	2.321	784	28	396
2006		6.248	2.644	2.634	964	4	2
1980		12.003	9.014	2.090	764	45	90
1985	Canarana, MT	24.318	18.378	2.324	2.099	49	1.468
1995		16.585	10.097	3.847	2.077	187	377
2006		18.954	13.679	3.717	1.413	74	71
1970		3.033	2.790	167	70	3	3
1975		5.509	5.146	179	168	11	5
1980		4.973	3.186	783	991	9	4
1985	Alto Araguaia, MT	6.913	3.491	1.571	1.817	1	33
1995		4.221	2.326	1.590	260	24	21
2006		4.343	1.908	1.523	898	-	14
1970		8.093	7.363	28	235	437	30
1975		9.020	7.840	133	503	523	21
1980		14.190	11.614	536	1.640	395	5
1985	Alto Parnaíba Piauiense, PI	15.409	12.306	763	1.516	716	108
1995		12.058	10.275	427	1.003	171	182
2006		9.326	7.864	585	845	14	18

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Ano	Microrregião	População ocupada total	Proprietários e membros da família	Empregados permanentes	Empregados temporários	Parceiros	Outros
1970		12.722	11.689	139	715	157	22
1975		7.518	6.938	42	239	293	6
1980		20.082	16.823	310	2.126	786	37
1985		22.192	20.344	486	569	430	363
1995	Alto Médio Gurguéia, PI	18.897	15.140	918	2.130	339	370
2006		25.454	22.116	697	2.517	83	41
1970		1.535	1.240	85	209	-	1
1975		1.928	1.573	138	146	67	4
1980		2.589	1.336	887	341	11	14
1985	Alto Teles Pires, MT	4.398	2.669	1.099	587	13	30
1995		11.240	6.797	2.978	1.203	150	112
2006		20.546	12.181	6.067	2.269	7	22
1970		28.339	26.558	424	1.268	67	22
1975		33.816	30.863	573	2.369	6	5
1980		34.562	29.344	1.386	3.739	35	58
1985	Gerais de Balsas, MA	31.259	26.533	1.000	3.279	216	231
1995		26.000	23.276	1.102	1.104	79	439
2006		19.345	16.084	1.520	1.711	10	20
1970		27.252	23.701	305	3.021	196	29
1975		36.642	29.613	565	6.054	199	211
1980		41.914	32.738	978	7.995	131	72
1985	Barreiras, BA	50.279	37.610	2.603	9.272	212	582
1995		35.629	27.006	4.450	3.090	215	868
2006		47.997	31.888	5.741	10.269	34	65

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Ano	Microregião	População ocupada total	Proprietários e membros da família	Empregados permanentes	Empregados temporários	Parceiros	Outros
1970		8.584	7.165	548	834	32	5
1975		13.448	10.597	1.143	1.215	47	446
1980		15.500	11.252	1.856	2.198	139	55
1985	Chapada dos Veadeiros, GO	19.897	13.597	2.193	2.831	587	689
1995		12.024	8.651	1.827	1.311	46	189
2006		13.355	11.253	1.016	1.010	36	40
1970		22.172	21.000	228	791	126	27
1975		37.016	31.192	517	5.086	56	165
1980		34.650	29.403	1.425	3.602	49	171
1985	Bico do Papagaio, TO	31.888	28.266	1.281	1.708	20	613
1995		31.554	24.932	2.291	3.007	172	1.152
2006		28.591	24.245	1.529	2.790	15	12
1970		62.799	58.907	226	3.461	195	10
1975		46.154	43.632	230	2.190	48	54
1980		73.906	63.258	622	9.928	21	77
1985	Presidente Dutra, MA	70.591	65.241	683	4.442	54	171
1995		51.128	41.333	895	8.670	121	109
2006		37.043	25.619	805	10.546	30	43
1970		3.843	2.703	507	632	1	-
1975		3.853	2.595	362	871	23	2
1980		3.228	1.588	1.117	513	7	3
1985	Cassilândia, MS	6.486	2.938	2.202	1.239	10	97
1995		8.585	3.089	4.522	857	15	102
2006		7.053	3.582	3.042	371	28	30

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Ano	Microrregião	População ocupada total	Proprietários e membros da família	Empregados permanentes	Empregados temporários	Parceiros	Outros
1970		1.264	533	328	346	9	48
1975		3.120	1.721	827	558	2	12
1980	Parecis, MT	5.317	2.232	1.884	1.193	8	-
1985		10.546	5.502	3.387	1.556	69	32
1995		11.740	4.296	3.848	3.509	73	14
2006		14.317	6.191	4.830	3.275	5	16
1970		6.087	5.681	139	245	-	22
1975		13.008	11.621	316	1.048	1	22
1980	Rosário Oeste, MT	13.550	11.335	1.008	1.107	12	88
1985		12.189	8.365	1.058	2.510	106	150
1995		9.617	7.678	1.148	515	49	227
2006		6.665	5.491	462	654	3	55
1970		2.851.468	2.154.589	216.290	326.936	128.644	25.009
1975		3.307.855	2.446.761	327.219	418.713	89.568	25.594
1980		3.578.372	2.428.117	483.837	577.262	73.294	15.862
1985		3.836.017	2.612.574	542.585	559.325	60.381	61.152
1995		3.023.958	1.971.120	532.881	426.264	23.727	69.966
2006		2.798.221	1.918.203	410.768	449.503	9.308	10.439

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

Gurguéia, PI, Barreiras, BA e Cassilândia, MS) também registraram trajetórias acentuadas de expansão da população ocupada na agropecuária. Em todas elas, o crescimento registrado resultou, particularmente, do crescimento do emprego no grupo proprietários e membros de suas famílias.

Dada a diversidade existente entre as microrregiões do Cerrado, não é surpreendente que algumas delas, como Gerais de Balsas, MA, Presidente Dutra, MA, Paranatinga, MT e outras, tenham experimentado reduções significativas na população ocupada em âmbito de estabelecimento agropecuário, e, dessa forma, contribuído para a queda mencionada anteriormente na evolução dessa variável no Cerrado, especialmente após meados da década de 1980. Segundo Garcia (2014), a redução da população ocupada em atividades agrícolas a partir da segunda parte de 1990 se deve a vários fatores, entre eles: a modernização tecnológica da agricultura nacional que extrapola a mecanização *stricto sensu* e inclui mudanças nos sistemas de produção com base em melhoramento genético de cultivares, uso intensivo de fertilizantes e agroquímicos e práticas relacionadas à agricultura de precisão; e a migração dos jovens rurais para os centros urbanos, o que tem contribuído para a redução da oferta de trabalho em áreas agrícolas e para o envelhecimento do campo.

Utilização de tratores

Examinando a evolução do número de tratores no Cerrado no período 1970–2006 em comparação ao do Brasil (Tabela 13), observa-se que a frota se expandiu consideravelmente mais nesse bioma (512%) do que no País (395%). Esse desempenho resultou, entre outros elementos, do potencial produtivo da região. Adicionalmente, a elevação do preço das commodities agrícolas e a oferta de crédito a juros subsidiado impulsionaram o setor em todo o País, estimulando, conseqüentemente, o uso de tratores.

Como se ilustra na Tabela 13, a partir de meados dos anos 1990, a expansão do estoque de tratores no Cerrado, assim como no Brasil, desacelerou. Entre outros fatores, essa diminuição pode ser reflexo de uma eventual renovação de máquinas obsoletas por tratores mais novos e mais eficientes. Não obstante, a intensificação do uso de máquinas agrícolas tem viabilizado o plantio de mais de uma safra por ano, permitindo o cultivo em larga escala e, dessa forma, contribuindo significativamente para o crescimento da produção agrícola no Cerrado.

Em termos das microrregiões mais dinâmicas do Cerrado, as que mais se destacaram com respeito à evolução do número de tratores ao longo do período 1970–2006 foram Alto Teles Pires, Barreiras, Canarana e Parecis (Tabela 13). Grande parte da demanda por tratores nessas microrregiões pode ser explicada, entre outros fatores, pelo interesse dos produtores em aproveitar as oportunidades oferecidas pelo mercado para expandir a produção de grãos, em especial de soja, milho e algodão.

Em relação ao impacto da modernização agropecuária sobre o nível de emprego rural, Alves et al. (2005, 38) assinalaram que “num estabelecimento plenamente ocupado, a mecanização reduz o número de seus empregados, desde que se mantenham

Tabela 13. Número total de tratores existentes nas microrregiões mais dinâmicas do Cerrado, período 1970–2006.

Microrregião	1970	1975	1980	1985	1995	2006
Paranatinga, MT	-	-	378	521	969	1.449
Primavera do Leste, MT	-	-	-	-	1.895	1.795
Canarana, MT	-	-	1.256	1.597	2.829	3.546
Alto Araguaia, MT	3	113	382	885	1.101	1.324
Alto Parnaíba Piauiense, PI	-	14	148	347	207	635
Alto Médio Gurguéia, PI	1	6	56	81	182	428
Alto Teles Pires, MT	5	41	420	841	3.547	6.424
Gerais de Balsas, MA	5	25	390	495	503	1.094
Barreiras, BA	4	31	315	1.042	2.911	4.412
Chapada dos Veadeiros, GO	25	47	186	453	639	808
Bico do Papagaio, TO	-	25	156	211	330	635
Presidente Dutra, MA	7	92	93	67	163	164
Cassilândia, MS	33	263	630	1.448	1.955	1.925
Parecis, MT	33	138	837	2.075	3.190	3.222
Rosário Oeste, MT	6	31	171	402	501	584
Total Cerrado	37.883	74.944	136.006	176.181	222.478	231.977
Total Brasil	165.731	323.109	545.204	665.280	799.742	820.718

Fonte: Adaptado de IBGE (2018).

as mesmas explorações”. Para esses autores, a generalização dessa observação para o Brasil tem sido feita de forma equivocada, ou seja, “admitindo-se erradamente, a plena ocupação das terras dos estabelecimentos e do espaço disponível à agricultura”. Um elemento que, em certa medida, corrobora esse argumento é dado pelo fato de que em Alto Teles Pires enquanto o parque de tratores aumentou de 5 unidades em 1970 para 6.424 unidades em 2006, o número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos agropecuários nessa microrregião aumentou de forma ininterrupta de 1.535 para 20.546 no mesmo período. Como se mostra nas Tabelas 12 e 13, situação similar foi observada em Parecis, Barreiras, Canarana e Cassilândia, entre outras.

Irrigação

Um quarto elemento das transformações registradas no Cerrado é o crescimento substancial do uso da irrigação como prática agrícola utilizada para superar a escassez de água, principalmente em períodos específicos do ano. Segundo o IBGE (Censo Agropecuário, vários anos), embora pequena, frente à grande disponibilidade hídrica existente no País, a irrigação tem se expandido bastante e de forma persistente no Brasil e no Cerrado. Durante o período 1970–2006, a área irrigada no Brasil expandiu 472%, passando de 795 mil hectares para 4,5 milhões de hectares. No caso do

Cerrado, o aumento registrado foi bem mais acentuado, ou seja, incrementou de 68 mil hectares em 1970 para 1,6 milhão de hectares em 2006.

Dados mais recentes divulgados pela Agência Nacional de Águas (ANA) (Atlas..., 2017) sugerem que o uso da irrigação continua crescendo substancialmente. De acordo com essa agência, em 2015, a área irrigada no Brasil totalizou 6,9 milhões de hectares¹⁷. No bioma Cerrado, ela alcançou 3,1 milhões de hectares. Como resultado da expansão da irrigação no Cerrado, a participação dessa região na área total irrigada no País aumentou de 9% em 1970 para 44% em 2015.

Como se ilustra na Figura 6, o uso da irrigação no Cerrado e conseqüentemente no Brasil acentuou-se substancialmente a partir de meados dos anos 1980 como consequência de diversos fatores, entre os quais, o processo de modernização da agricultura brasileira (geração e uso de novas tecnologias), concessão de grandes volumes de crédito subsidiado e a execução de vários programas governamentais, como o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (Profir), o Programa Nacional de Irrigação (Proni), o Programa de Irrigação do Nordeste (Proine) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecet). A conjuntura de preços internacionais favoráveis dos anos 1990, a forte demanda da China por produtos agrícolas e o processo de abertura da economia brasileira realizado nessa década também contribuíram significativamente para a expansão da área irrigada no Cerrado.

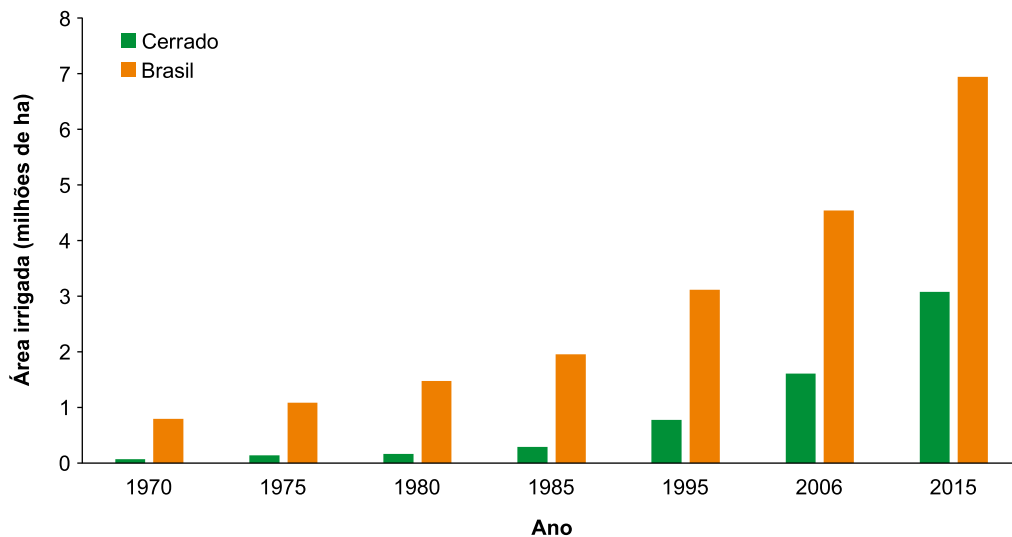


Figura 6. Área irrigada no Cerrado e no Brasil (milhões de hectares), período 1970–2015.

Fonte: Adaptado de Atlas... (2017) e IBGE (2018).

¹⁷ Segundo dados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE), a área irrigada no Brasil em 2017 totalizou 6,9 milhões de hectares, ou seja, a mesma área estimada pela ANA para 2015.

O sistema de irrigação mais utilizado no Brasil em 2014 foi o de pivô central, e, em segundo lugar, o método por inundação (Levantamento..., 2016). O levantamento nacional de pivôs centrais realizado pela ANA para 2014 identificou uma área irrigada de 1,3 milhão de hectares, ou seja, uma área 43% maior do que a observada em 2006 (893 mil hectares) (IBGE, 2009). Aproximadamente 80% da área com pivôs centrais em 2014 estavam localizadas no Cerrado. Essa região abrigou boa parte dos principais polos nacionais de irrigação por pivôs centrais existentes naquele ano, por exemplo, o do Alto Paracatu-Urucuia, com uma área irrigada de 158.752 ha, e o do São Marcos (100.093 ha irrigados). Estes dois polos de irrigação são vizinhos e envolvem partes da área dos três maiores municípios irrigantes (Unaí, MG, Paracatu, MG e Cristalina, GO). Outros polos importantes de irrigação por pivôs centrais localizado no Cerrado incluem o Alto Araguari-Paranaíba e o oeste baiano. Este último inclui áreas irrigadas dos municípios de Barreiras, São Desidério e Riachão das Neves, os quais pertencem à microrregião de Barreiras.

Com respeito à evolução da área irrigada nas microrregiões mais dinâmicas no Cerrado, os censos agropecuários disponíveis de 1970 até 2006 indicam forte crescimento da irrigação em Barreiras, Alto Teles Pires e Parecis (Tabela 14). Na primeira dessas microrregiões, a área irrigada aumentou de 1.204 ha em 1970 para 81.342 ha em 2006. Como resultado dessa expansão, Barreiras passou da 15ª posição em termos de microrregiões com maiores áreas irrigadas no Cerrado em 1970 para o segundo lugar em 2006.

No estudo realizado por Guimarães et al. (2014), foi identificada a existência de 2.792 pivôs centrais em 2013 no estado da Bahia, cobrindo uma área irrigada de 192 mil hectares. Os municípios com maior área irrigada com esse sistema compreendiam Barreiras (34.715 ha), São Desidério (33.488 ha) e Luís Eduardo Magalhães na microrregião de Barreiras, e Mucugê (32.197 ha) na microrregião de Seabra.

Em termos das culturas que receberam outorgas da ANA para irrigação no País por meio de pivôs centrais em 2014, as que mais se destacaram quanto à maior participação na área irrigada por esse método de irrigação foram milho (24%), cana-de-açúcar (21%), feijão (20,5%), soja (14,7%), café (6,2%) e algodão (3%). Esses dados indicam que o feijão, considerado até os anos 1980 e parte dos 1990 como um cultivo de subsistência, passou a integrar o grupo de explorações produtivas intensivas em termos de capital investido. Os dados demonstram também uma elevada concentração da área irrigada com pivôs centrais no Brasil em poucos produtos – apenas seis cultivos responderam por quase 90% da área total irrigada com esse sistema de irrigação em 2014. Dada a grande participação do Cerrado na área irrigada com pivô central no País, concentração similar de irrigação em um número reduzido de produtos também foi observada nessa região naquele ano.

Dinâmica agropecuária em municípios de destaque

Como complementação às seções anteriores, buscou-se prover um olhar mais localizado espacialmente a respeito das dinâmicas agropecuárias observadas no Cerrado.

Tabela 14. Área irrigada (em hectares) no Brasil, no Cerrado e nas microrregiões mais dinâmicas desse bioma, período 1970–2015.

Microrregião	1970	1975	1980	1985	1995	2006	2015
Alto Araguaia, MT	1	-	-	142	378	5.871	13.168
Alto Médio Gurguéia, PI	456	81	237	835	1.796	2.819	7.090
Alto Parnaíba Piauiense, PI	60	70	21	73	15	1.057	1.313
Alto Teles Pires, MT	-	58	-	457	646	31.453	64.911
Barreiras, BA	1.204	1.522	2.879	4.833	41.228	81.342	156.485
Bico do Papagaio, TO	-	2	8	11	146	1.240	1.469
Canarana, MT	-	-	21	159	973	6.285	9.629
Cassilândia, MS	-	-	1	31	302	1.592	40.180
Chapada dos Veadeiros, GO	659	48	1.210	1.181	1.677	2.625	5.690
Gerais de Balsas, MA	34	1	7	413	1.011	8.760	11.376
Paranatinga, MT	-	-	-	-	22	743	1.190
Parecis, MT	3	30	101	-	48.102	16.822	28.254
Presidente Dutra, MA	3	23	12	63	297	2.056	2.015
Primavera do Leste, MT	-	-	-	-	930	11.333	34.098
Rosário Oeste, MT	-	53	-	268	222	382	454
Total Cerrado	67.699	140.040	164.549	290.136	775.621	1.610.937	3.080.635
Total Brasil	795.250	1.086.830	1.481.220	1.959.825	3.121.642	4.545.547	6.954.709

Fonte: Adaptado de Atlas... (2017) e IBGE (2018).

Para tanto, desenvolveram-se algumas análises centradas nas mudanças registradas em alguns municípios integrantes das microrregiões identificadas como mais dinâmicas em termos de expansão do valor da produção das culturas temporárias (Figura 3) e do aumento do efetivo bovino (Tabela 9). As análises foram feitas com base em imagens de satélite de observação da Terra para o período 1985–2015, assim como por meio de dados de área cultivada e rebanho bovino disponibilizados pelo IBGE (2018).

A microrregião de Canarana, MT apresentou o maior dinamismo em termos de expansão do efetivo bovino entre 1975–2015 (Tabela 9); ademais, ela registrou a terceira taxa de crescimento mais elevada com relação à variável valor da produção das culturas temporárias (Figura 3). Tomando-se o município de Campinápolis situado nessa microrregião e comparando as imagens de 1985 e 1995, observam-se a abertura de estradas no Cerrado e a delimitação de áreas de pastagem (Figura 7). De acordo com dados do IBGE (2018), o número de bovinos desse município triplicou em 1990–2015.

Como pode ser visualizado no perfil de NDVI (queda dos valores do índice), na Figura 7A destaca-se uma área de Cerrado que foi convertida para pasto em 2013. Na Figura 7B, por sua vez, identifica-se uma área que foi convertida para pasto entre 7/1985 e 6/1995, e a partir da safra de 2014/2015 passou a ser cultivada com culturas temporárias durante a primeira e segunda safras (cultivo duplo; exemplo: soja seguida de milho). O cultivo duplo é identificado no perfil de NDVI (Figura 7B) por meio de dois picos (fase de máximo desenvolvimento vegetativo das culturas) dentro de um mesmo ano agrícola.

Assim como ocorreu em Campinápolis, o número de cabeças de gado na microrregião de Canarana triplicou entre 1990 e 2015. Além disso, tanto o município como a microrregião apresentaram grande aumento do plantio de milho safrinha de acordo com dados do IBGE (2018).

A microrregião do Bico do Papagaio, TO também figurou entre as que apresentaram maior dinamismo em termos de aumento do efetivo bovino no período 1975–2015 (Tabela 9). Na Figura 8, são apresentados recortes de imagens do município de Araguatins, o qual faz parte dessa microrregião, que experimentou um grande aumento do número de cabeças de bovinos entre 1990 e 2015, ou seja, uma expansão de 68 mil animais em 1990 para 129.317 animais em 2015 (IBGE, 2018). As alterações nas imagens observadas são mais sutis do que as do município de Campinápolis, MT (Figura 7). Na Figura 8A, foi destacada uma área de Cerrado em Araguatins, TO, a qual foi convertida para pasto em 2005. A época da conversão é facilmente identificada no perfil de NDVI por meio da mudança no padrão apresentado. Na Figura 8B, retrata-se uma área com pastagem desde 2000. O aumento supracitado no número de cabeças de bovinos em Araguatins foi menor do que o registrado na microrregião do Bico do Papagaio, TO, cujo rebanho bovino mais do que dobrou entre 1990 e 2015 (de 317.000 para 766.596 cabeças).

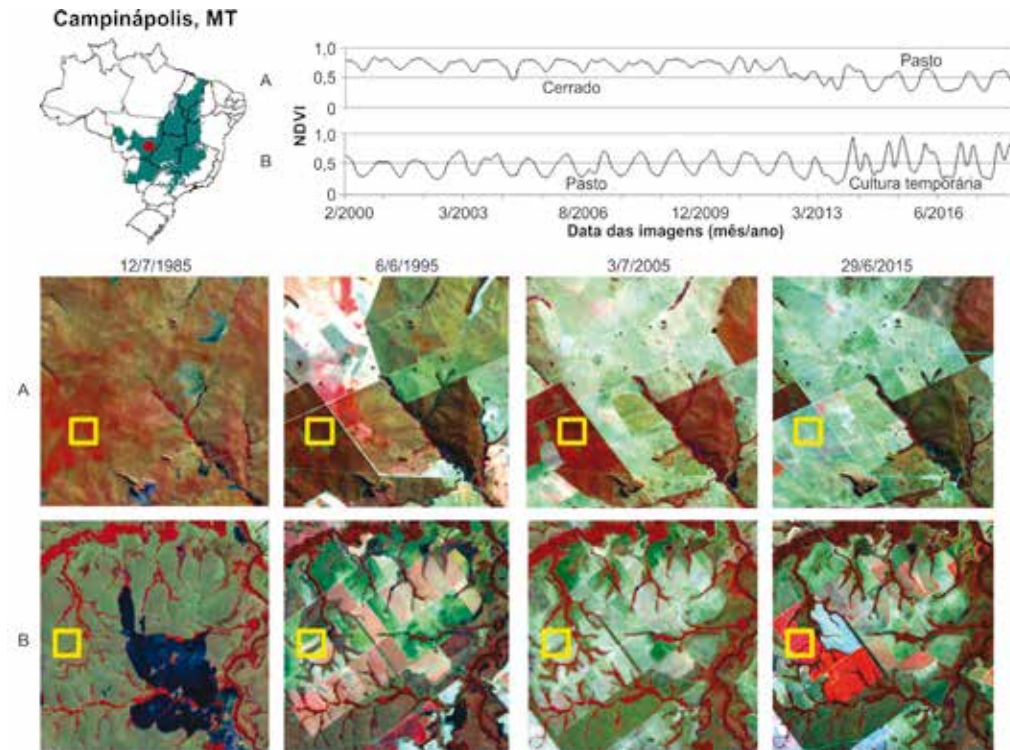


Figura 7. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Campinópolis, MT, pertencente à microrregião de Canarana. Em destaque (quadrado amarelo) duas áreas (7A e 7B) com seus respectivos perfis temporais de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivado do sensor Modis/Terra. Em 7A, uma área de Cerrado natural que foi convertida em pasto em 2013. Em 7B, uma área de pasto que foi convertida em cultura temporária em 2013.

Primavera do Leste, MT foi a microrregião que apresentou o maior dinamismo em termos de expansão do valor da produção das culturas temporárias em 1975–2015 (taxa de crescimento de 128,6%). Ela também se distinguiu entre as demais regiões, registrando um grande dinamismo com respeito à evolução do efetivo bovino durante o mesmo período (taxa de crescimento de 87,6%). Campo Verde, MT foi escolhido para representar a dinâmica dessa microrregião. Esse município triplicou a área plantada com culturas temporárias em 1990–2015, tendo, como principais cultivos, a soja, o milho (primeira e segunda safras, principalmente segunda safra) e o algodão (IBGE, 2018). O incremento da produção se deu por meio da expansão de área (exemplo: áreas que nas imagens mudaram da cor verde para laranja), assim como por meio da intensificação (cultivo duplo identificado nos perfis de NDVI – Figura 9). As duas áreas destacadas na Figura 9 correspondem a culturas temporárias.

Com base em dados coletados em campo, foi identificado, nos perfis de NDVI, um período caracterizado pela rotação de soja (safra 2015/2016) com algodão (safrinha 2016) na área da Figura 9A, e rotação de soja (safra 2015/2016) com milho (safrinha

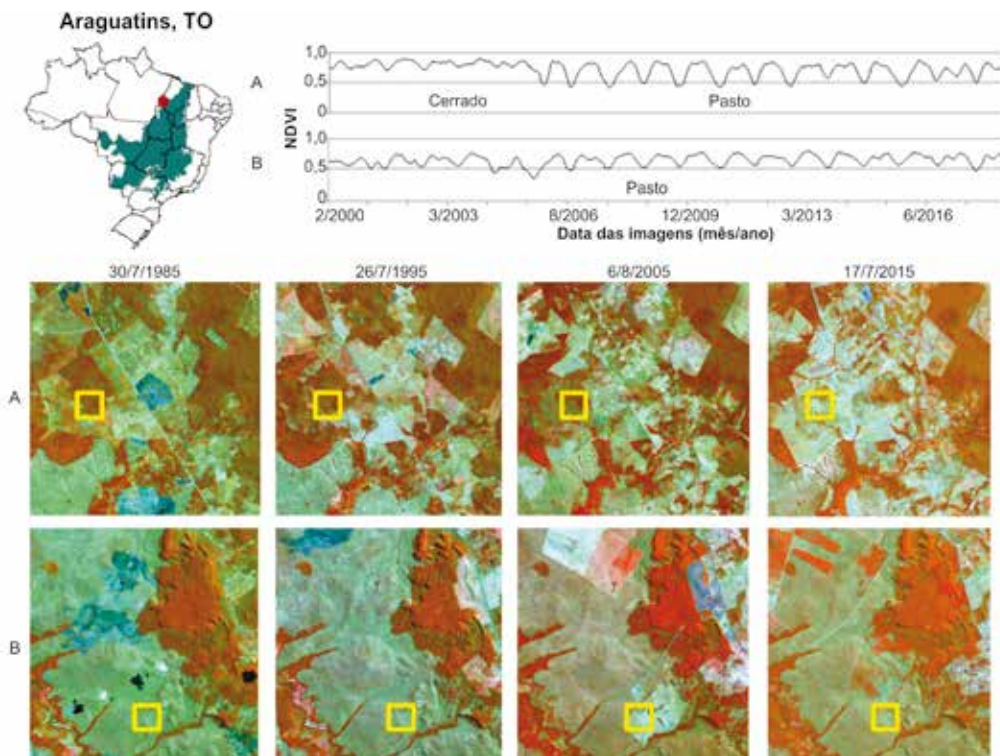


Figura 8. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Araguatins, TO, pertencente à microrregião do Bico do Papagaio. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (8A e 8B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivados do sensor Modis/Terra. Em 8A, uma área de Cerrado natural, que foi convertida em pasto em 2005. Em 8B, uma área de pasto que não sofreu nenhuma conversão desde o ano 2000.

2016) na área da Figura 9B. Soja, milho e algodão possuem ciclo de desenvolvimento curto, mas o do algodão é um pouco mais longo. Conseqüentemente, a curva de NDVI do algodão é um pouco mais larga do que a da soja e do milho.

Comparando-se o crescimento da área de culturas temporárias na microrregião de Primavera do Leste com a registrada no município de Campo Verde, observa-se que ambas apresentaram a mesma taxa de crescimento no período 1990–2015. Não obstante esse desempenho, o aumento da área de milho safrinha em 2003–2015 foi mais expressivo em Primavera do Leste (362%) do que em Campo Verde (289%), segundo dados do IBGE (2018).

A microrregião de Alto Parnaíba Piauiense, PI teve a quarta maior taxa de crescimento do valor da produção das culturas temporárias (45,8%) em 1975–2015. Nas imagens referentes ao município de Uruçuí, PI, integrante da microrregião supracitada, observa-se a expansão das áreas cultivadas (áreas com formatos regulares) ao longo dos anos analisados (Figura 10). Na Figura 10A, destaca-se uma área que já era cultivada com culturas temporárias em 1995 e que continuou sendo expandida.

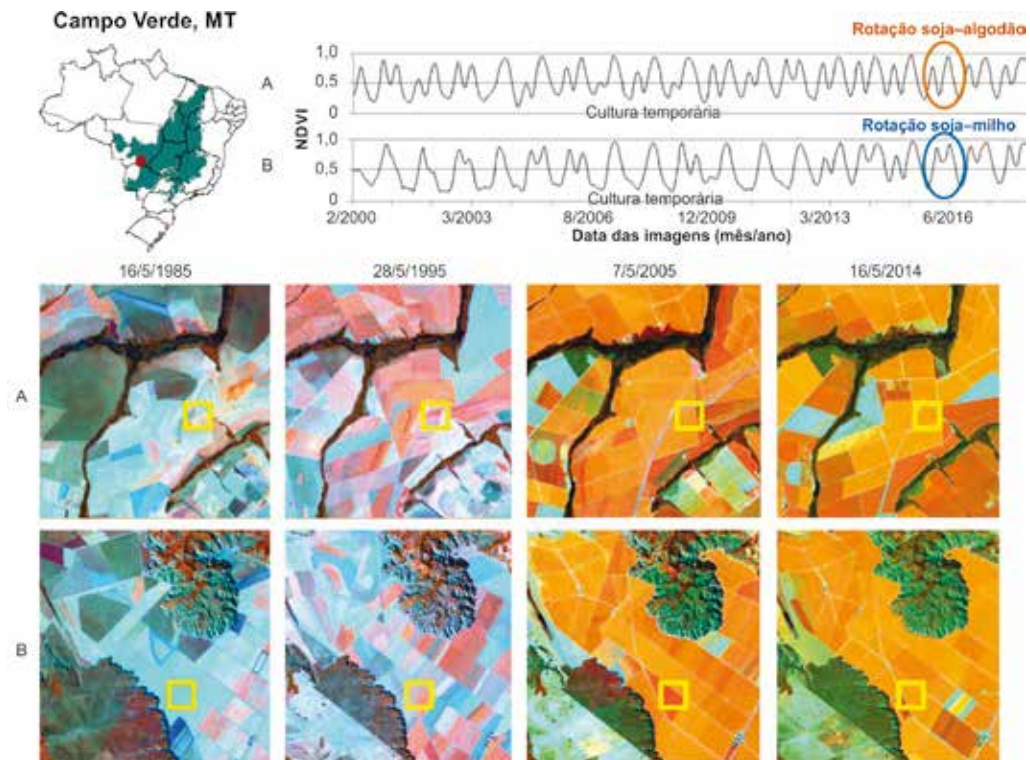


Figura 9. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2014) para o município de Campo Verde, MT, pertencente à microrregião de Primavera do Leste. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (9A e 9B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivados do sensor Modis/Terra. Em 9A, uma área de cultura temporária com rotação de culturas de soja e algodão. Em 9B, uma área de cultura temporária com rotação de culturas de soja e milho.

Na Figura 10B, destaca-se uma área mais recente (2011) de Cerrado, a qual foi convertida em cultura temporária alterando o perfil de NDVI a partir desse ano.

Tanto Uruçuí como a microrregião de Alto Parnaíba Piauiense apresentaram elevada expansão da área com culturas temporárias no período 1990–2015, ou seja, um aumento de 20.668 ha para 199.063 ha e de 47.633 ha a 539.617 ha, respectivamente (IBGE, 2018). Houve grande aumento das áreas plantadas com soja, milho de primeira safra e feijão. Entretanto, o arroz, que até 1990 era a cultura que ocupava maior área entre os cultivos temporários, experimentou uma grande redução, passando de 34.950 ha para 14.162 ha na microrregião, e de 14.500 ha para 9.039 ha no município.

A microrregião Gerais de Balsas, MA também figura na lista das regiões mais dinâmicas no período 1975–2015 (Figura 3). As imagens de satélite referentes ao município de Balsas, formador dessa microrregião juntamente com outros municípios, revelam um importante aumento da área cultivada (Figura 11A). Essa mesma figura apresenta uma área que foi convertida de Cerrado para culturas temporárias em 2009 e uma

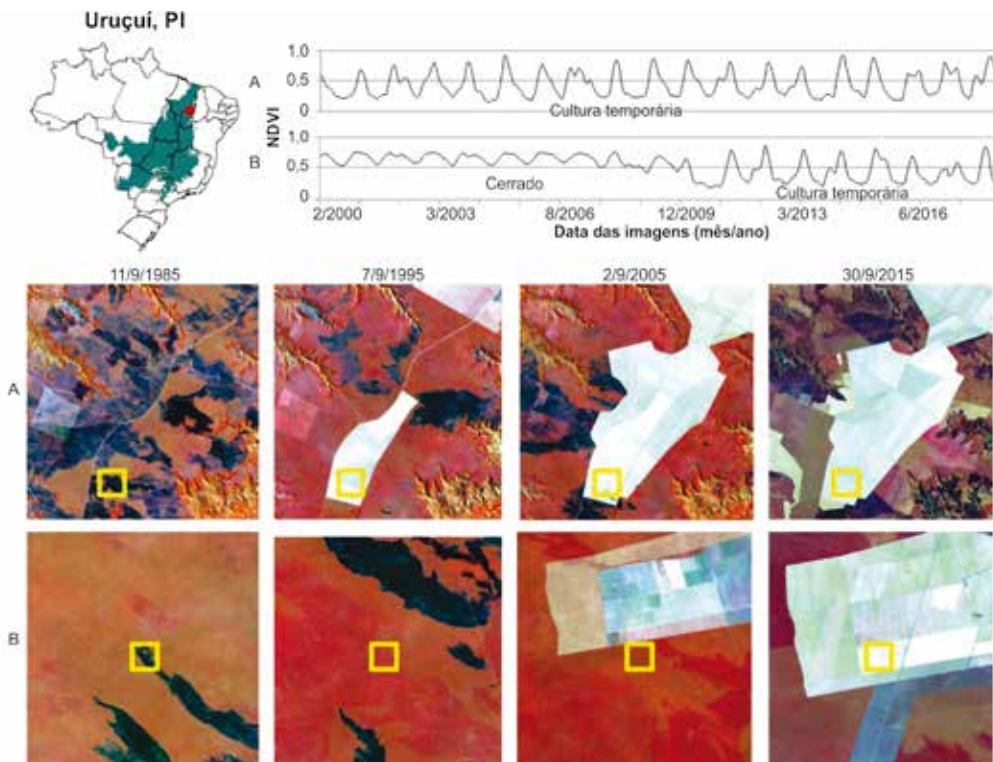


Figura 10. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Uruçuí, PI, pertencente à microrregião de Alto Parnaíba Piauiense. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (10A e 10B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) derivado do sensor Modis/Terra. Em 10A, uma área de cultura temporária que não sofreu nenhuma conversão desde o ano 2000. Em 10B, uma área de Cerrado natural que foi convertida em cultura temporária.

área que foi convertida de Cerrado para culturas temporárias após 1985 e antes de 1995 (Figura 11B).

Na imagem de agosto de 2015 da Figura 11A, são observadas áreas de milho (alvos de forma regular na cor verde) e de milho colhido recentemente (alvos em branco que correspondem à palhada do milho deixada no campo após a colheita). A área plantada com culturas temporárias nesse município aumentou significativamente, passando de 27.864 ha em 1990, para 260.731 ha em 2015, com destaque para soja, milho e algodão (IBGE, 2018). Durante esse período, observou-se também uma grande redução do cultivo de arroz, que era a principal cultura plantada, tanto no município (de 19.396 ha para 1.862 ha) como na microrregião (de 46.302 ha para 5.794 ha).

Entre as microrregiões do estado da Bahia, Barreiras ocupa uma posição de destaque integrando o grupo das mais dinâmicas em termos de expansão das culturas temporárias no período 1975–2015 (Figura 3). As imagens apresentadas na Figura 12 corroboram o fato de que o número de pivôs centrais (formas circulares) instalados

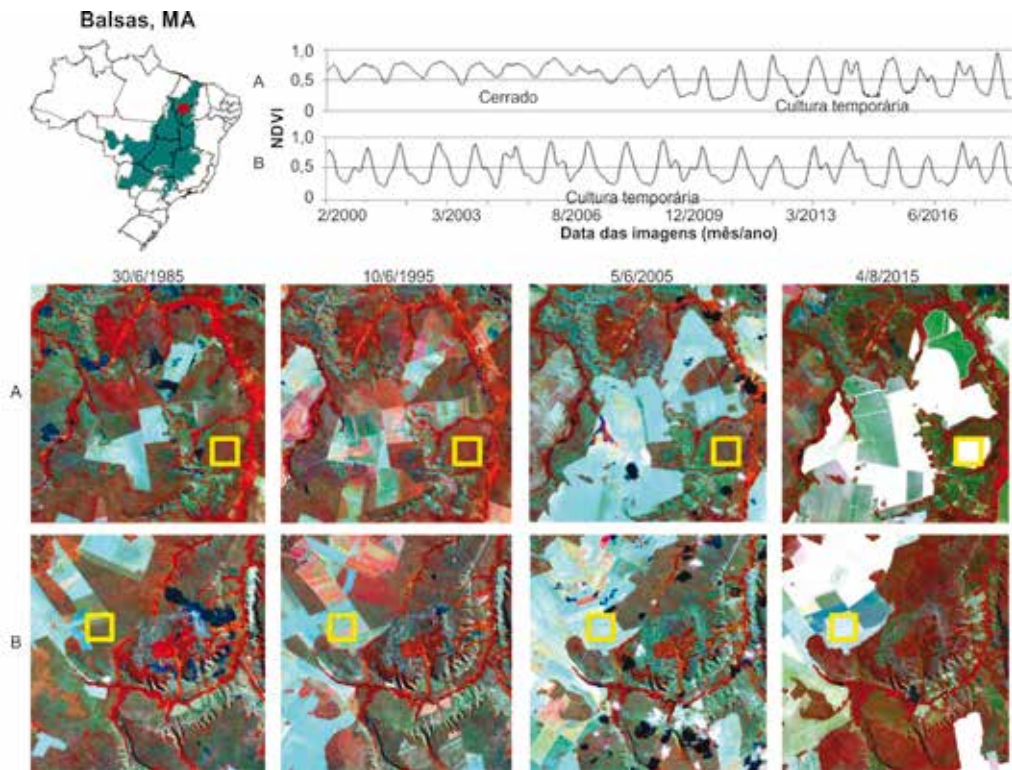


Figura 11. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Balsas, MA, pertencente à microrregião de Gerais de Balsas. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (11A e 11B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), derivados do sensor Modis/Terra. Em 11A, uma área de Cerrado natural que foi convertida em cultura temporária. Em 11B, uma área de Cerrado natural que foi convertida em culturas temporárias após 1985 e antes de 1995.

nesse município aumentou substancialmente ao longo dos anos analisados. Os cultivos que mais expandiram nesse município foram os de soja, algodão, feijão, milho de primeira safra e sorgo (IBGE, 2018), ou seja, os mesmos cultivos que registraram maiores aumentos na microrregião de Barreiras.

A área destacada na Figura 12A mostra uma área irrigada com o cultivo de múltiplas culturas temporárias no município de Barreiras (dois ou mais picos de NDVI dentro de um ano agrícola). Na Figura 12B, por sua vez, identifica-se uma área de café irrigado (perfil de NDVI de cultura permanente oscila ao longo do ano, mas, regra geral, mantém-se elevado). Quando o café irrigado por pivô central é plantado em linhas circulares concêntricas, ele apresenta um padrão típico facilmente identificado nas imagens Landsat (aparece como um gráfico de pizza 2D dividido por um X, que separa a área em duas cores diferentes) (Formaggio; Sanches, 2017).

A área destinada à colheita de café no município de Barreiras diminuiu entre 2000 (7.614 ha) e 2015 (2 mil hectares), mas em 2016 ela duplicou, alcançando 4.141 ha

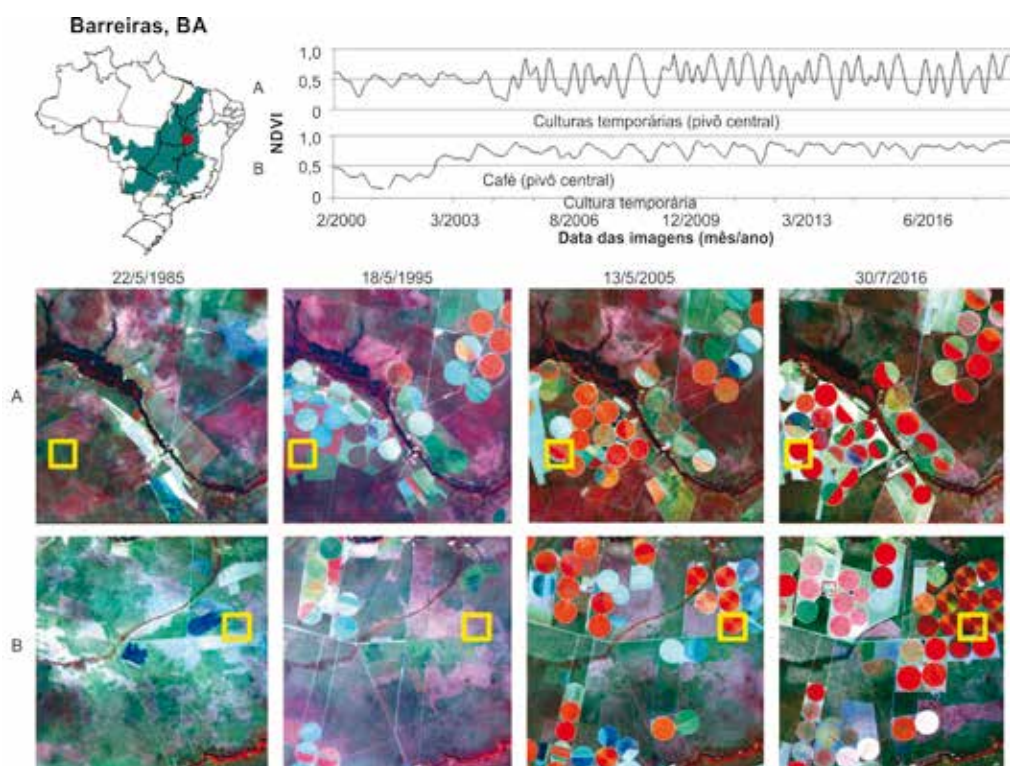


Figura 12. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2016) no município de Barreiras, BA, pertencente à microrregião de Barreiras. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (12A e 12B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), derivados do sensor Modis/Terra. Em 12A, uma área de Cerrado natural que foi convertida em culturas temporárias. Em 12B, uma área de Cerrado natural que foi convertida em plantio de café irrigado.

(IBGE, 2018). A mesma tendência de queda na área cultivada com café no município de Barreiras em 2000–2015 e aumento em 2016 também foi observada na microrregião de Barreiras. Especificamente, a queda foi de 8.798 ha em 2000 para 6.147 ha em 2015 e expansão para 9.278 ha em 2016.

Em Goiás, a microrregião Chapada dos Veadeiros foi a que mais se destacou com relação ao dinamismo de expansão das culturas temporárias em 1975–2015 (Figura 3). Nos recortes das imagens de satélite referentes ao município de São João D’Aliança, pertencente a essa microrregião, observou-se a conversão de áreas de floresta plantada (silvicultura) para o cultivo de culturas temporárias (Figura 13A) e, mais recentemente, a instalação de pivôs centrais (Figura 13B).

A intensificação da agricultura em áreas irrigadas é demonstrada no perfil de NDVI da área destacada na Figura 13B. Antes de 2008, a área era cultivada apenas durante a primeira safra (um pico de NDVI em 12 meses). Após a instalação de sistemas de irrigação por pivôs centrais, começaram a ser observados cultivos múltiplos (dois ou mais picos de NDVI em 12 meses).

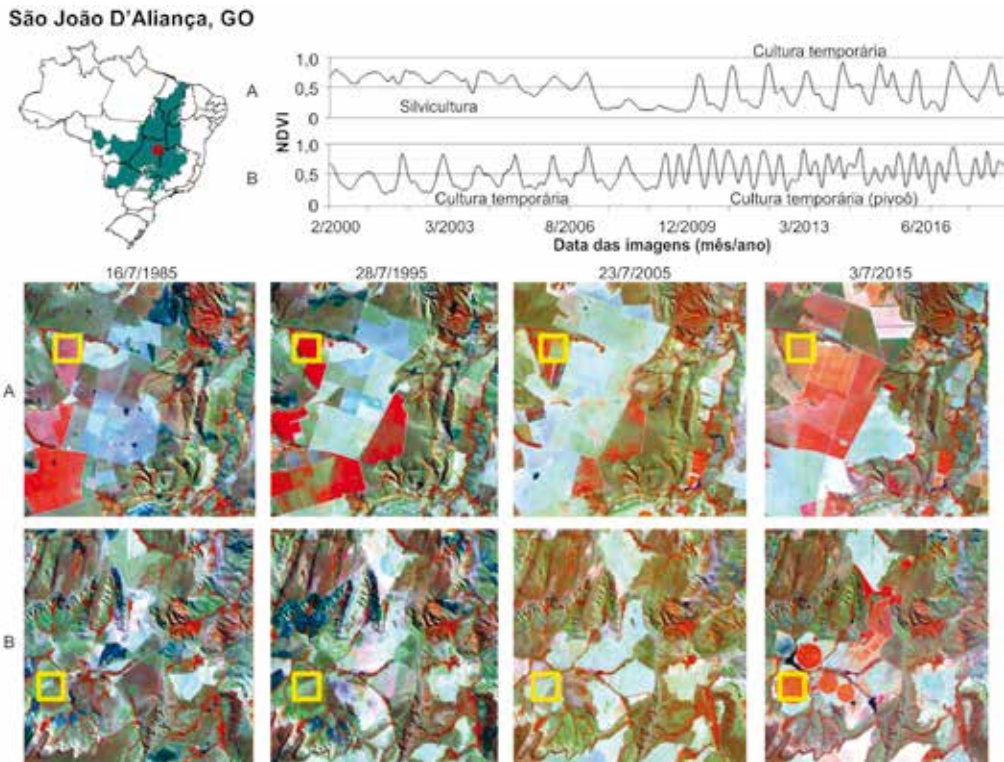


Figura 13. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de São João D'Aliança, GO, pertencente à microrregião da Chapada dos Veadeiros. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (13A e 13B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), derivado do sensor Modis/Terra. Em 13A, uma área de silvicultura que foi convertida em cultura temporária. Em 13B, uma área de cultura temporária de sequeiro que foi convertida em cultura temporária irrigada por meio de pivô central.

Tanto no município de São João D'Aliança como na microrregião da Chapada dos Veadeiros, ocorreu o aumento do cultivo de soja, feijão, milho e a introdução de sorgo. Destaca-se o aumento das áreas cultivadas com feijão entre 1990–2015, que passaram de 800 ha para 8.900 ha no município e de 2.610 ha para 13.375 ha na microrregião (IBGE, 2018).

Dourados, MS faz parte do grupo das microrregiões com ranking normalizado do valor da produção das culturas temporárias que integram o GT 5% (Tabela 1). O município de Maracaju, MS, pertencentes a essa microrregião, triplicou a área cultivada com culturas temporárias no período 1990–2015, aumentando, principalmente, o cultivo de milho de segunda safra, cana e soja (IBGE, 2018) (Figura 14). Com base nas imagens de satélite, percebe-se que, em setembro de 1985, havia o predomínio de solo exposto (alvos na cor azul), pasto e vegetação nativa (alvos na cor verde). Em contraste, em setembro de 2015, passaram a dominar culturas temporárias (alvos em vermelho e laranja) e palhada deixada após a colheita (alvos na cor verde-escura, ciano ou branca).

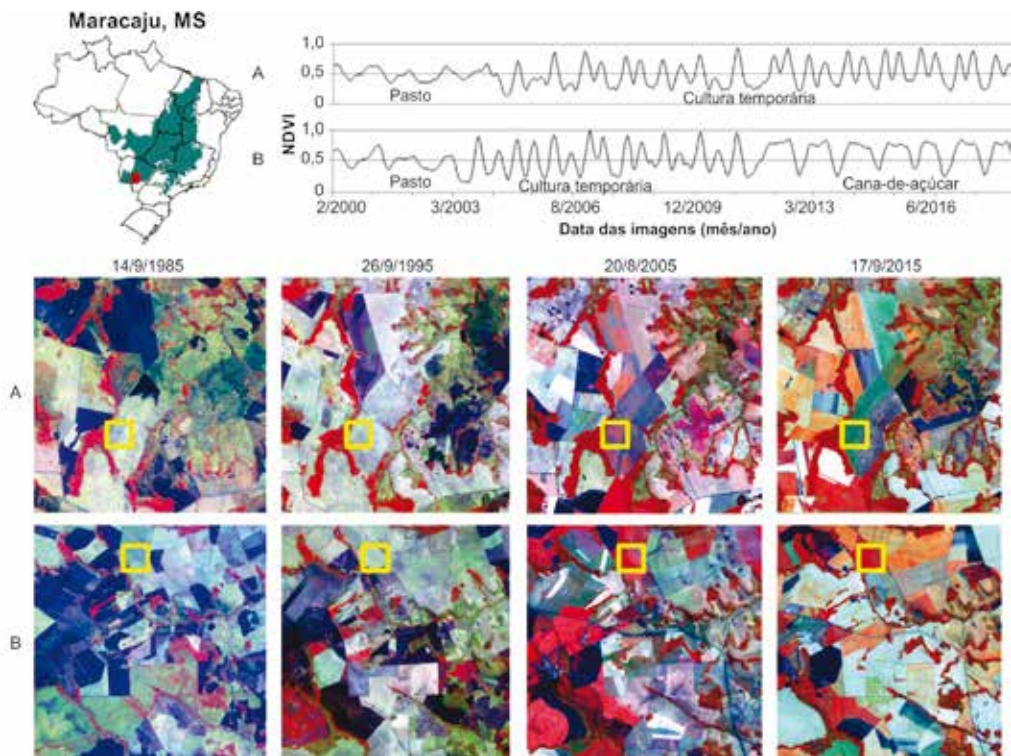


Figura 14. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Maracaju, MS, pertencente à microrregião de Dourados. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (14A e 14B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), derivados do Modis/Terra. Em 14A, uma área de pasto que foi convertida em cultura temporária. Em 14B, uma área de pasto que foi convertida em cultura temporária e, posteriormente, em plantio de cana-de-açúcar.

Nesse município, foram destacadas duas áreas, uma que começou a ser cultivada com cultura temporária (cultivo duplo; exemplo: soja seguida de milho) a partir de 2015 (Figura 14A) e outra que foi cultivada com culturas temporárias em 2004–2011 e, em seguida, foi convertida para cana (Figura 14A). A cultura que teve maior expansão de área plantada entre 1990 e 2015 foi o milho (21.000 ha para 205.500 ha), seguida pela cana-de-açúcar (4.948 ha para 26.987 ha). Na microrregião de Dourados, o destaque foi a cana-de-açúcar (23.982 ha para 272.196 ha) e, em segundo lugar, o milho (90.954 ha para 981.250 ha).

A microrregião de São Joaquim da Barra, SP também fez parte do GT 5% (Tabela 1). A mudança principal no município de São Joaquim da Barra foi a expansão da cana-de-açúcar e a redução de soja e milho (IBGE, 2018). Isso está retratado nas imagens Landsat apresentadas na Figura 15. No período de entressafra de 1985 e 1995, o predomínio é de solo exposto (alvos na cor azul), enquanto, em 2005 e 2015, passa a predominar o cultivo da cana (cana madura – alvos em vermelho; cana recentemente colhida – alvos em branco; cana colhida há algum tempo – alvos em verde).

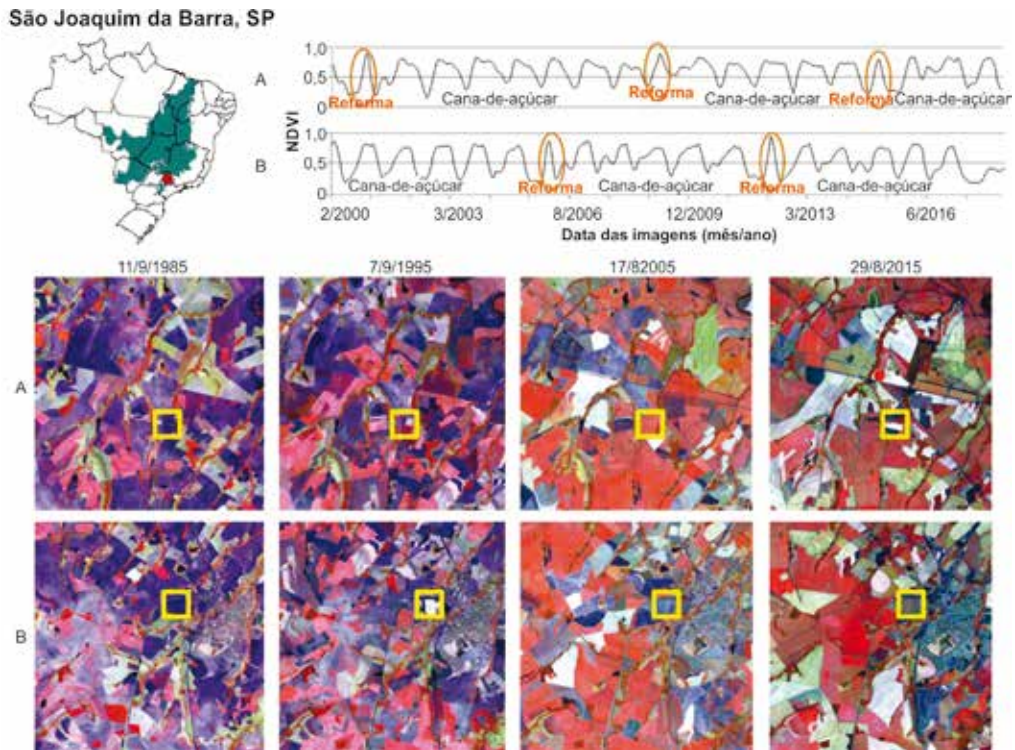


Figura 15. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de São Joaquim da Barra, SP, pertencente à microrregião de São Joaquim da Barra. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (15A e 15B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtidos pelo sensor Modis/Terra. Em 15A e 15B, duas áreas com plantio de cana-de-açúcar que sofreram reformas em diferentes momentos.

Nos gráficos de NDVI das duas áreas destacadas nas Figuras 15A e 15B, observa-se o perfil-padrão de áreas cultivadas com cana. Por ser uma cultura semiperene, os valores de NDVI são mantidos altos por vários meses até se reduzirem quando a planta é colhida. Além disso, é possível identificar, nos perfis, os anos em que foi feita a reforma dos talhões de cana com o plantio de uma cultura temporária (exemplo: soja). Para a microrregião de São Joaquim da Barra, também foram observadas a expansão de áreas de cana e a redução de soja e milho, assim como ocorrido no município. Nessa microrregião, houve também grande redução das culturas de arroz, feijão e sorgo e fim do cultivo de algodão (IBGE, 2018).

Para exemplificar a dinâmica referente ao cultivo de culturas permanentes no Cerrado, foi escolhida a microrregião de Patrocínio, MG, que, desde 1990, apresenta destaque na produção de café. Segundo os dados do IBGE (2018), no município de Patrocínio, a área destinada à colheita passou de 20.322 ha em 1990 para 32.882 ha em 2015. Nas imagens de satélite apresentadas na Figura 16, é possível observar a expansão de áreas de café sobre áreas de pasto e de Cerrado. A área destacada na Figura 16A foi convertida de pasto para cultura temporária em 2003 e em café em

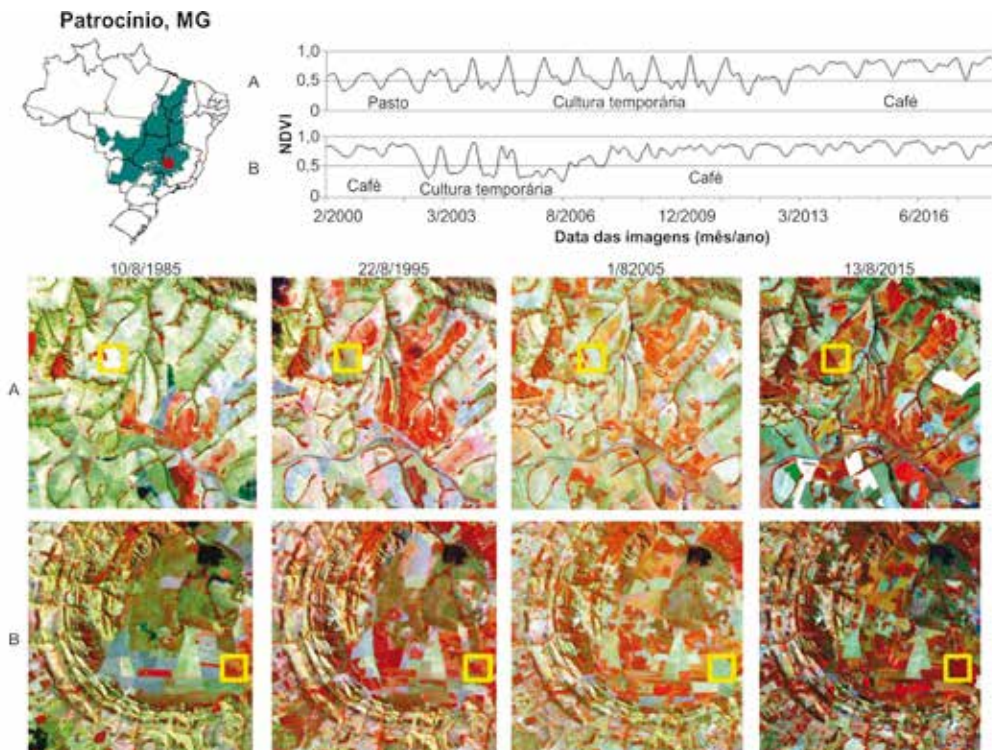


Figura 16. Recorte de imagens Landsat-5/TM (1985, 1995 e 2005) e Landsat-8/OLI (2015) no município de Patrocínio, MG, pertencente à microrregião de Patrocínio. Em destaque (quadrado amarelo), duas áreas (16A e 16B) com seus respectivos perfis de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtido do sensor Modis/Terra. Em 16A, uma área de pasto que foi convertida em cultura temporária e, posteriormente, em plantio de café. Em 16B, uma área de plantio de café que foi convertida em cultura temporária e, posteriormente, foi novamente convertida em plantio de café.

2011 (mudança do padrão no perfil de NDVI). Na Figura 16B retrata-se uma área que foi cultivada com café até 2002, depois explorada com cultura temporária até 2005 e, em seguida, passou a ser usada novamente para o cultivo de café. A microrregião de Patrocínio registrou uma expansão da área destinada à colheita de café semelhante à observada no município de mesmo nome, que passou de 56.988 ha em 1990 para 75.190 ha em 2015 (IBGE, 2018).

A dinâmica observada nos 10 municípios selecionados sintetiza as várias transformações ocorridas no Cerrado no período 1985–2015, as quais impulsionaram o crescimento da atividade agropecuária nessa região. Áreas de Cerrado foram convertidas em pastagens, promovendo o aumento do rebanho bovino. Houve expansão da agricultura sobre áreas de vegetação nativa e de pastagens. Observou-se também a intensificação da produção com o crescimento da irrigação e a adoção de cultivos múltiplos (duas ou mais safras plantadas em uma mesma área, dentro de um mesmo ano) com grande aumento de milho safrinha.

Além da dinâmica de expansão e de intensificação agrícola, alguns municípios foram palco da introdução de novas culturas, como o algodão (em Campo Verde e Uruçuí – 1995; em Balsas – 2003), o sorgo (em Barreiras – 2003; em Balsas – 2015) e o café (em Barreiras – 1996). De forma geral, destaca-se o aumento das áreas cultivadas com soja, milho, cana-de-açúcar, algodão, feijão e sorgo. Ocorreu também uma grande redução das áreas cultivadas com arroz, especialmente o de sequeiro.

Considerações finais

O Cerrado tornou-se, em um curto espaço de tempo, na principal região agropecuária do Brasil. O desempenho produtivo e socioeconômico apresentado pelo bioma nas últimas quatro décadas não só atesta esse fato, como também provê uma evidência concreta do que pode ser alcançado pelo uso de tecnologias, pela execução de políticas públicas, pelo empreendedorismo dos produtores e pela influência dos mercados.

As análises desenvolvidas nas seções anteriores demonstram que o Cerrado tem experimentado grandes transformações, as quais vêm reconfigurando a agricultura e as áreas rurais do bioma. Entre outros aspectos, tal processo contribuiu para uma extraordinária expansão econômica da região e um importante desenvolvimento social de boa parte da população. Uma evidência do progresso econômico observado é que o valor total da produção das culturas temporárias e permanentes no bioma aumentou 196% em termos reais no período 1975–2015 (atingindo R\$ 121 bilhões a preços de 2017, no período final).

Em relação ao aspecto social, a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no período 1991–2010 indica uma melhora expressiva na região. De acordo com o *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil*¹⁸, em 1999, aproximadamente 99% dos municípios do Cerrado situaram-se nas faixas de baixo e muito baixo desenvolvimento humano¹⁹. Em 2010, a situação observada foi radicalmente diferente: 82% dos municípios apresentaram alto (37,2%) e médio (44,8%) níveis de desenvolvimento humano. Essa mudança reflete avanços nas áreas de renda, educação e longevidade da população local.

As análises desenvolvidas indicam também que a agricultura da região registrou uma acentuada dinâmica produtiva em termos espaciais no período 1975–2015. Alguns cultivos como o da soja, do algodão, da cana-de-açúcar, do sorgo, do café e do arroz de sequeiro, entre outros, deslocaram-se espacialmente no bioma, mudando de forma significativa a geografia da produção. Fato similar ocorreu com o efetivo bovino, que diminuiu sua presença no Cerrado, especialmente a partir de meados

¹⁸ Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/ranking>>.

¹⁹ O *Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil* estabelece cinco faixas para os IDHM: muito alto (0,800 – 1,000); alto (0,700 – 0,799); médio (0,600 – 0,699); baixo (0,500 – 0,599); e muito baixo (0,000 – 0,499).

dos anos 1990, passando a caminhar em direção à região Norte do País. Em contraste com esse movimento, a avicultura e a suinocultura expandiram significativamente na região como reflexo da maior disponibilidade local de dois insumos básicos para esses segmentos produtivos, o milho e o farelo de soja.

Um terceiro elemento que emerge das seções anteriores é que, embora conceitualmente o Cerrado constitua um espaço geográfico caracterizado por um ambiente relativamente homogêneo em termos de macroclima, fitofisionomia, solo, fauna e relevo, na prática ele apresenta alguns aspectos heterogêneos que influenciam positiva ou negativamente o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

Por exemplo, sabe-se que o Cerrado lato sensu possui diferentes fisionomias: campo limpo de Cerrado, campo sujo de Cerrado, Cerrado sentido restrito, Cerrado denso e cerradão. Além disso, os solos do Cerrado também apresentam grande diversidade sob o ponto de vista físico-químico, hídrico e biológico. A existência de elementos particulares como esses, juntamente com as forças de processos econômicos e sociais observados em um determinado local geográfico, dá lugar a dinâmicas agropecuárias específicas, como a marcada expansão do valor da produção das culturas temporárias em Parecis, MT, Barreiras, BA e Alto Teles Pires, MT, entre outras. Como é de se esperar, dependendo das circunstâncias, a interação entre os elementos mencionados anteriormente em um local específico no Cerrado pode ocasionar também uma dinâmica negativa, ou seja, uma trajetória de queda em uma variável, como foi o caso do valor da produção das culturas temporárias nas microrregiões de São Joaquim da Barra, SP, Ribeirão Preto, SP, Jaboticabal, SP, Araraquara, SP, Itapeva, SP e Anápolis, GO, no período 1975–2015.

A heterogeneidade do Cerrado já assinalada e mostrada na caracterização da paisagem de 19 ecorregiões do Cerrado (vide Capítulo 1) sugere a necessidade de realizar análises mais desagregadas de dinâmicas agropecuárias e socioeconômicas, por exemplo, em âmbito de microrregiões do bioma. O pequeno esforço feito nesse capítulo mostrou que a migração rural-urbana não foi um fenômeno geral no Cerrado. Algumas microrregiões, por exemplo, Alto Teles Pires, MT, Parecis, MT, Barreiras, BA, Cassilândia, MS e Primavera do Leste, MT receberam contingentes adicionais de pessoas no meio rural ao invés de seguirem a tendência geral de redução da população rural apresentada pela região.

Situação análoga à da migração rural-urbana também foi observada com respeito à evolução da ocupação em estabelecimentos agropecuários no Cerrado. Especificamente, as análises realizadas revelaram aumentos expressivos na população ocupada com atividades agropecuárias em algumas microrregiões, tais como Alto Teles Pires, MT, Parecis, MT, Barreiras, BA, Canarana, MT e Cassilândia, MS, e uma trajetória de queda em outras. É interessante observar que essas microrregiões também apresentaram aumentos substanciais no estoque de tratores no período 1970–2006, portanto, a expansão da mecanização não impactou negativamente a ocupação agropecuária nessas partes do Cerrado.

Além de registrar uma expansão significativa na utilização de tratores, o Cerrado apresentou também uma acentuada evolução em termos do uso de tecnologias e práticas agrícolas, como a utilização de irrigação, especialmente a realizada por meio de pivôs centrais. A esse respeito, assinala-se que as microrregiões de Alto Teles Pires, MT, Parecis, MT e Barreiras, BA também se destacaram vis-à-vis a várias outras, expandindo fortemente a área irrigada com pivôs centrais.

Por fim, cabe indicar que boa parte do desempenho da agropecuária no Cerrado se deve às dinâmicas produtivas, tecnológicas e socioeconômicas ocorridas nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia, e, em especial, nas microrregiões de Alto Teles Pires, Parecis, Barreiras, Canarana e Cassilândia. As perspectivas futuras sugerem que o Cerrado deverá continuar exercendo um papel de protagonista na agricultura do País, especialmente por meio de polos produtivos, como os mencionados anteriormente.

Referências

- ALVES, E. Migração rural-urbana. In: ALVES, E. (Ed.). **Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias**: coletânea de artigos revistos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 181 p.
- ALVES, E.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, A. J. Benefícios da mecanização na agricultura. **Revista de Agronegócios da FGV**, out. 2005.
- ATLAS irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF, 2017.
- BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; RAMOS, A. K.; VILELA, L. Palavra-chave: gestão. **Revista Cultivar Bovinos**, v. 1, n. 3, 2003.
- BUENO, C. R. F. **Queda no rebanho e na produção de leite no Estado de São Paulo, 2005 a 2014**. jun. 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=13692>>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- CASTRO, N. de. Expansão rodoviária e desenvolvimento agrícola dos cerrados. In: HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. (Org.). **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**. Rio de Janeiro: Ipea, 2003.
- CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; ALVES, E. R. de A.; BASTOS, E. T. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, Edição Especial, p. 42-64, jul. 2010.
- CORDER, G. W.; FOREMAN, D. I. **Nonparametric statistics for non-statisticians**: a step-by-step approach. [Nova Jersey]: John Wiley & Sons, 2009.
- GARAGORRY, F. L.; CHAIB FILHO, H. **Elementos de agrodinâmica**. Brasília, DF: Embrapa, SGE, 2008. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/web/sge01/estatisticaagricola/dinamica/relatorioagrodinamica.pdf>> Acesso em: 21 mar. 2018.
- GARCIA, J. R. Trabalho rural: tendências em face das transformações em curso. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M. da; NAVARRO, Z. (Org.). **O mundo rural do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- GASQUES, J. G. **Brasil**: grau de abertura do agronegócio, [S.l.: s.n.], 2018.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E. T.; VALDES, C. Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília, DF: Ipea: Abag, 2016.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SOUZA, D. L. **Irrigação por pivôs centrais no estado da Bahia – Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2014. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 107).

IBGE. **Dinâmica territorial da produção agropecuária: a geografia do café**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/dinamica_agropecuaria>. Acesso em: 9 mar. 2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

LEVANTAMENTO da agricultura irrigada por pivôs-centrais no Brasil – 2014. Brasília, DF, 2016. Relatório síntese.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARCELLOS; SOUSA, D. M. G. de; BARIONI, L. G. Pecuária de corte no Cerrado: aspectos históricos e conjunturais. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

NASCIMENTO, V. A., BATISTA FILHO, M. B.; DIAS, M. Evolução do efetivo de bovinos no Brasil, Estado de Goiás e município de Jataí (GO). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 13, n. 23, p. 611, 2016.

REZENDE, G. C. **Ocupação agrícola e estrutura agrária no cerrado: o papel do preço da terra dos recursos naturais e da tecnologia**. Rio de Janeiro: Ipea, 2002 (Texto para discussão, 913).

SALIM, C. A. As políticas econômica e tecnológica para o desenvolvimento agrário das áreas de cerrados no Brasil: avaliação e perspectivas. **Caderno de Difusão de Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 297-342, maio/ago. 1986.

SOUZA, S. B. de. **Dinâmica territorial e padrões espaciais da pecuária brasileira**. 2017. 182 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

TEIXEIRA, J. C.; HESPANHOL, A. N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, jan./jul. 2014.

Apêndice A

Rankings normalizados

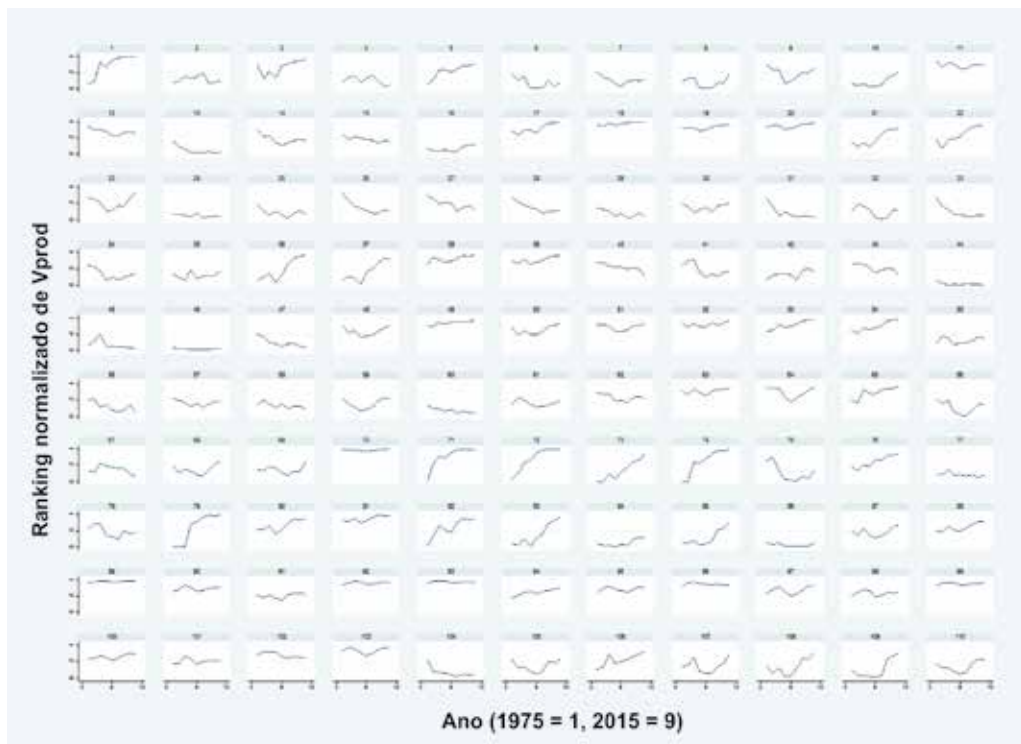


Figura 1. Ranking normalizado do valor da produção (Vprod) das culturas temporárias nas 110 microrregiões que formam o Cerrado, período 1975–2015 (subperíodos de 5 anos).

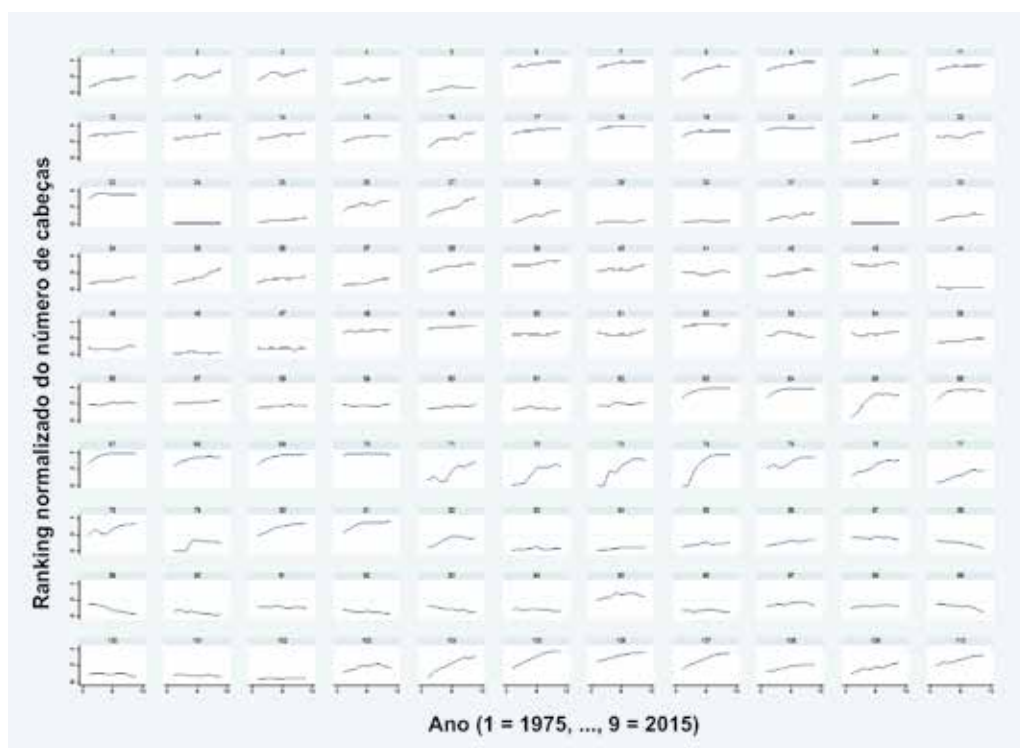


Figura 2. Ranking normalizado do efetivo bovino nas 110 microrregiões que formam o Cerrado, período 1975–2015 (subperíodos de 5 anos).

Anexo A

Microrregiões do Cerrado

Tabela 1. Legenda das microrregiões do Cerrado para o ranking normalizado (valor da produção de culturas temporárias e efetivo bovino).

Número	UF	Microrregião	Número	UF	Microrregião
1	BA	Barreiras	56	MG	Curvelo
2	BA	Cotegipe	57	MG	Bom Despacho
3	BA	Santa Maria da Vitória	58	MG	Sete Lagoas
4	BA	Bom Jesus da Lapa	59	MG	Piuí
5	DF	Brasília	60	MG	Divinópolis
6	GO	São Miguel do Araguaia	61	MG	Formiga
7	GO	Rio Vermelho	62	MG	Passos
8	GO	Aragarças	63	MS	Alto Taquari
9	GO	Porangatu	64	MS	Campo Grande
10	GO	Chapada dos Veadeiros	65	MS	Cassilândia
11	GO	Ceres	66	MS	Paranaíba
12	GO	Anápolis	67	MS	Três Lagoas
13	GO	Iporá	68	MS	Nova Andradina
14	GO	Anicuns	69	MS	Bodoquena
15	GO	Goiânia	70	MS	Dourados
16	GO	Vão do Paranã	71	MT	Parecis
17	GO	Entorno de Brasília	72	MT	Alto Teles Pires
18	GO	Sudoeste de Goiás	73	MT	Paranatinga
19	GO	Vale do Rio dos Bois	74	MT	Canarana
20	GO	Meia Ponte	75	MT	Médio Araguaia
21	GO	Pires do Rio	76	MT	Tangará da Serra
22	GO	Catalão	77	MT	Rosário Oeste
23	GO	Quirinópolis	78	MT	Cuiabá
24	MA	Lençóis Maranhenses	79	MT	Primavera do Leste
25	MA	Itapecuru Mirim	80	MT	Tesouro
26	MA	Médio Mearim	81	MT	Rondonópolis
27	MA	Alto Mearim e Grajaú	82	MT	Alto Araguaia
28	MA	Presidente Dutra	83	PI	Alto Parnaíba Piauiense
29	MA	Baixo Parnaíba Maranhense	84	PI	Bertolínia
30	MA	Chapadinha	85	PI	Alto Médio Gurguéia

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Número	UF	Microrregião	Número	UF	Microrregião
31	MA	Codó	86	PI	Chapadas do Extremo Sul Piauiense
32	MA	Coelho Neto	87	SP	Votuporanga
33	MA	Caxias	88	SP	Barretos
34	MA	Chapadas do Alto Itapecuru	89	SP	São Joaquim da Barra
35	MA	Porto Franco	90	SP	Ituverava
36	MA	Gerais de Balsas	91	SP	Franca
37	MA	Chapadas das Mangabeiras	92	SP	Jaboticabal
38	MG	Unaí	93	SP	Ribeirão Preto
39	MG	Paracatu	94	SP	Batatais
40	MG	Januária	95	SP	Bauru
41	MG	Janaúba	96	SP	Jaú
42	MG	Pirapora	97	SP	Avaré
43	MG	Montes Claros	98	SP	Botucatu
44	MG	Grão Mogol	99	SP	Araraquara
45	MG	Bocaiúva	100	SP	São Carlos
46	MG	Diamantina	101	SP	Rio Claro
47	MG	Capelinha	102	SP	Mogi Mirim
48	MG	Ituiutaba	103	SP	Itapeva
49	MG	Uberlândia	104	TO	Bico do Papagaio
50	MG	Patrocínio	105	TO	Miracema do Tocantins
51	MG	Patos de Minas	106	TO	Rio Formoso
52	MG	Frutal	107	TO	Gurupi
53	MG	Uberaba	108	TO	Porto Nacional
54	MG	Araxá	109	TO	Jalapão
55	MG	Três Marias	110	TO	Dianópolis

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Capítulo 6

Determinantes da concentração da renda rural no Cerrado

Geraldo da Silva e Souza

Eliane Gonçalves Gomes

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Introdução

Ao analisar os dados do Censo Agropecuário 2006, Alves et al. (2013) verificaram a existência de forte concentração na renda rural e relataram que 11% dos estabelecimentos (cerca de 500 mil estabelecimentos) respondem por 87% do valor total da produção rural. Embora tal nível de concentração seja também observado em outros países em termos percentuais (11% nos Estados Unidos e de 14% na Europa), é de interesse a identificação de fatores associados à concentração da renda rural no Brasil, medida pelo índice de Gini. Parece óbvio que a inclusão do grupo de produtores excluídos do processo de produção mais rentável aumentaria substancialmente a produção agropecuária brasileira, favorecendo a competitividade dessa produção nos mercados interno e externo.

Segundo Alves e Souza (2015), há evidências de que a concentração de renda resulta do uso da tecnologia. Outros fatores de importância que causam concentração estão relacionados a imperfeições de mercado que criam barreiras ao acesso e ao uso de tecnologia. Alves e Souza (2015) também enfatizaram que as imperfeições de mercado forçam os pequenos produtores a vender sua produção a preços menores do que deveriam em face de seus custos de produção. Tipicamente, o pequeno produtor é obrigado a comprar insumos sob condições desfavoráveis.

As imperfeições de mercado resultam das condições de desenvolvimento no entorno da propriedade rural. São resultantes de assimetrias existentes no acesso ao crédito para a produção, infraestrutura logística e social, disponibilidade e acesso à informação, extensão rural e assistência técnica, entre outros. É uma condição geral que afeta toda agricultura brasileira, em particular no Cerrado.

Outros estudos sobre fatores determinantes da concentração da renda rural no Brasil são, por exemplo, Neder e Silva (2004), Ney e Hoffmann (2008, 2009), Helfand et al. (2009) e Souza et al. (2016). Nossa contribuição a essa literatura está na caracterização estatística da dependência entre concentração de renda e fatores contextuais – tecnologia e condições de entorno dos estabelecimentos – para o Cerrado.

Esses resultados servem ao propósito de orientar ações de políticas públicas e assistência técnica para o bioma. A variável dependente na análise é o índice de Gini calculado em cada município, tomando-se como base a distribuição da renda bruta dos estabelecimentos rurais. Como *proxy* para tecnologia, utiliza-se um escore de desempenho municipal, definido por meio de um modelo DEA (do inglês *Data Envelopment Analysis*) com retornos variáveis à escala. Na modelagem DEA, a renda bruta é a variável produto e os insumos são gastos com terra, trabalho e capital. Medições de DEA, portanto, refletem eficiência econômica. Como fatores representativos de imperfeições de mercados, consideram-se indicadores de meio ambiente, educação, saúde, infraestrutura e demografia. A variável DEA é potencialmente endógena.

A importância de estudar o bioma Cerrado separadamente está em sua representatividade para a agricultura brasileira. De acordo com o Censo Agropecuário 2006, o Cerrado abrange 15% dos estabelecimentos rurais, concentra 32% da renda bruta rural do País e 37% da terra agricultável.

Variáveis de produção, variáveis contextuais e dados

A fonte de dados principal utilizada é o Censo Agropecuário 2006. Os dados de produção para a modelagem DEA foram agregados por município e transformados em ranks. Têm-se dados válidos para 1.098 municípios, que representa 99,6% do total de municípios no bioma Cerrado e 19,8% do número total de municípios do Brasil. No modelo DEA, a unidade tomadora de decisão (DMU) é o município. A variável resposta do modelo de produção é o rank da renda bruta municipal total e as variáveis de insumos são os ranks dos totais municipais das despesas dos estabelecimentos com terra, trabalho e capital, conforme descrição da Tabela 1 (Souza et al., 2016).

As variáveis contextuais consideradas são a medida de eficiência econômica DEA e os indicadores descritos a seguir, que seguem a mesma definição descrita em Souza et al. (2016) e em nota técnica não publicada da Confederação Nacional da Agricultura (CNA) (Confederação Nacional da Agricultura, 2013).

1. Índice de desempenho do Sistema Único de Saúde (SUS), como indicador de saúde. Este indicador afere o desempenho do SUS, levando em conta as dimensões de acesso aos serviços, de efetividade da atenção básica, ambulatorial, hospitalar e emergencial no município. Essa variável reflete tanto o acesso a bens públicos (saúde) quanto a melhor expectativa de vida da população do município.
2. Existência de energia elétrica (indicador de infraestrutura). Proporção de domicílios rurais dotados de energia elétrica no município.
3. Índice de desenvolvimento da educação básica (indicador de educação). É um indicador que avalia o desempenho dos estudantes em exames padronizados, combinado com informações sobre o rendimento escolar. No caso dessa variável, foram consideradas as notas médias obtidas por alunos da rede pública,

Tabela 1. Descrição das variáveis de produção.

Variável	Componente	Unidade	Observação
Produto	Renda bruta do estabelecimento	Real	Valor total da produção agropecuária do estabelecimento
Terra	4% do valor da terra	Real	Valor de aluguel da terra
Trabalho	Salários ou outras formas de compensação pagos à família e aos trabalhadores contratados	Real	-
Capital (insumos tecnológicos)	Maquinário, melhorias no estabelecimento, aluguéis de equipamentos, valor de culturas permanentes, valor dos animais, valor das matas plantadas, valor de sementes, valor de sal e forragens, valor de medicamentos, adubação e pesticidas, despesas com combustíveis, eletricidade, armazenagem, matérias-primas e outros gastos	Real	Todos os valores de estoques foram depreciados à taxa de 6% ao ano num período determinado que varia com o tipo do estoque: <ul style="list-style-type: none"> • máquinas – 15 anos • matas plantadas – 20 anos • culturas permanentes – 15 anos • benfeitorias – 50 anos • animais – 5 anos

Fonte: Souza et al. (2016).

tanto rural como urbana, do município em 2009. Esse índice reflete a qualidade educacional da população.

- Assistência técnica (indicador de assistência técnica). Proporção de estabelecimentos que receberam assistência técnica.
- Indicador demográfico (indicador demográfico). É um construto definido por meio de uma média ponderada de ranks de vários atributos. As variáveis componentes da dimensão demográfica captam os aspectos relacionados com a dinâmica da população que tende a acompanhar o desenvolvimento rural. São elas: razão entre a população rural e urbana do município; índice de migração; razão de dependência (i.e., participação relativa da população considerada inativa – 0 a 14 anos e 60 anos e mais de idade – na população potencialmente ativa – 15 a 59 anos de idade); taxa de envelhecimento rural (razão entre a população acima de 60 anos e a população total do município); e média de moradores por domicílio rural.
- Indicador ambiental (indicador ambiental). É um construto definido por meio de uma média ponderada de ranks dos atributos: complementar da participação da área de pastagem plantada degradada e área degradada na área de lavouras, pecuária e terras degradadas; complementar da proporção de estabelecimentos que responderam as queimadas como prática agrícola utilizada; proporção de estabelecimentos que responderam o plantio em curva de nível como prática agrícola utilizada; proporção de estabelecimentos que responderam a rotação de culturas como prática agrícola utilizada; proporção de estabelecimentos com

sistema de preparo do solo por cultivo mínimo; proporção de estabelecimentos com sistema de preparo do solo por plantio direto; complementar da proporção de estabelecimentos que utilizam agroquímicos para controle de pragas e doenças; proporção de áreas de florestas e sistemas agroflorestais; e complementar da proporção de domicílios em que o lixo foi jogado em terreno baldio ou logradouro ou jogado em rio, lago ou mar.

Os indicadores ambiental e demográfico foram determinados via média ponderada de ranks normalizados pelo máximo, com pesos definidos por correlações múltiplas. Isto é, a i -ésima componente tem peso relativo $R_i^2 / \sum_j R_j^2$, sendo R_i^2 o coeficiente de correlação múltipla obtido da regressão da i -ésima variável nas demais variáveis.

Abordagem metodológica

Descrevem-se nesta seção os aspectos metodológicos desenvolvidos neste capítulo. Inicia-se a discussão com uma breve introdução ao conceito do índice de Gini, sua estimação e propriedades estatísticas. Na sequência, apresentam-se o modelo de produção e o conceito subjacente de eficiência de produção bem como os modelos econométricos utilizados na identificação dos fatores determinantes da concentração e da avaliação da endogeneidade da tecnologia.

Índice de concentração de Gini

As medidas de concentração propõem-se a avaliar a variabilidade relativa de um atributo. Exemplos típicos nesse contexto são dados pelo coeficiente de variação e pelo índice de concentração de Gini. Os conceitos aqui apresentados seguem Kendall e Stuart (1977). Seja Y uma variável aleatória não negativa do tipo discreto ou absolutamente contínuo, com função massa de probabilidades (densidade) $w(\cdot)$ concentrada em algum subconjunto de R^+ . No caso absolutamente contínuo, define-se o desvio absoluto médio por

$$\Delta = \iint_{R^+ \times R^+} |u-v| w(u)w(v) du dv$$

No caso discreto, quando Y tem massa probabilística concentrada no subconjunto $\{y_1, \dots, y_N\}$, duas definições são possíveis:

$$\Delta = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N |y_i - y_k| w(y_i)w(y_k)$$

ou

$$\Delta = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N |y_i - y_k| w(y_i)w(y_k)$$

A distinção entre os conceitos é irrelevante se N é grande.

O índice de concentração de Gini populacional (G) é a medida de variação relativa que se obtém normalizando Δ pelo valor esperado $E(Y) = \mu$, i.e., $G = \Delta/2\mu$. Tem-se, assim, $0 \leq G \leq 1$. A quantidade G está associada ao conceito de área de concentração definida pela curva de Lorenz, conforme se segue. Sejam

$$F(x) = \int_0^x w(t)dt, \quad \phi(x) = \frac{1}{\mu} \int_0^x tw(t)dt$$

É evidente que ambas as funções assumem valores no intervalo $[0,1]$. Seja $\psi(\cdot)$ a função inversa de $F(\cdot)$.

Define-se

$$h(f) = \frac{1}{\mu} \int_0^{\psi(f)} tw(t)dt$$

para f em $(0,1)$. Esta é a função de Lorenz. Tem-se:

$$\frac{dh}{df} = \frac{\Psi(f)}{\mu} > 0$$

$$\frac{d^2h}{df^2} = \frac{1}{\mu w(\psi(f))} > 0$$

Segue que a função de Lorenz é crescente e convexa. O gráfico de $h(\cdot)$ denomina-se curva de Lorenz.

A área delimitada pela reta $h = f$ e a curva de Lorenz denominam-se área de concentração, representada aqui por S . Pode-se demonstrar (Kendall; Stuart 1977) que $S = \Delta/4\mu$. Portanto, $S = G/2$. Como $0 \leq S \leq 1/2$, segue que $0 \leq G \leq 1$.

Para uma amostra aleatória y_1, \dots, y_n de Y , os estimadores amostrais de G podem ser definidos como a seguir:

$$2\bar{y}\hat{G} = \begin{cases} g = \hat{\Delta} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j| \\ \text{ou} \\ \hat{\Delta} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j| = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i < j} |y_i - y_j| \end{cases}$$

Em ambos os casos, \hat{G} é um estimador consistente, mas viesado de G . Considerando o primeiro estimador, tem-se que

$$E(\hat{\Delta}) = \frac{2\sigma}{\sqrt{\pi}} \frac{n(n-1)}{n^2}$$

para a distribuição normal $N(\mu, \delta^2)$ Para a distribuição exponencial com parâmetro $\lambda > 0$,

$$E(\hat{\Delta}) = (1/\lambda) \frac{n(n-1)}{n^2}$$

Para a distribuição uniforme no intervalo $[0, b]$,

$$E(\hat{\Delta}) = (b/3) \frac{n(n-1)}{n^2}$$

Aqui se segue Souza (1977) e faz-se uso da fórmula com

$$g = (1/n^2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j|$$

Modelo de produção e tecnologia

Considere um processo de produção composto de 1.098 DMUs (municípios). Cada DMU faz uso do vetor de insumos (x_1, x_2, x_3) – despesas com terra, trabalho e outros insumos tecnológicos (capital) – para produzir o nível de *output* y (renda rural bruta). As variáveis de produção são transformadas em ranks. Seja $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{1,098})$ o vetor produto e X a matriz 3×1.098 de utilização de insumos. A r -ésima coluna de X define o vetor de insumos utilizado pela DMU r para produzir y_r .

A eficiência econômica aqui considerada $\phi^*(x_o, y_o)$ – medida DEA de desempenho para o município o com vetor de produção (x_o, y_o) , orientada a produto com retornos variáveis à escala (Banker et al., 1984) – é dada por:

$$\phi^*(x_o, y_o) = \max_{\phi, \lambda} \phi$$

sujeito a

$$a) Y\lambda \geq \phi y_o$$

$$b) X\lambda \leq x_o$$

$$c) \lambda > 0, \lambda 1 = 1, \phi \text{ livre}$$

Observa-se que a transformação em ranks é usual em estatística não paramétrica (Conover, 1999) e reduz a influência de observações atípicas no modelo DEA, além de manter a monotonicidade do escore de desempenho medido pela eficiência DEA. Neste estudo, considerou-se que a medida de desempenho como definida anteriormente cristaliza o efeito tecnológico na variável resposta (índice de concentração). Para mais detalhes sobre uso do DEA, ver Cooper et al. (2011).

Análise estatística

Os modelos estatísticos que serão utilizados exploram o fato de que o índice de Gini assume intervalos de valores em (0,1) para distribuições com massa probabilística não concentrada em uma constante e que a medida DEA é potencialmente endógena. Faz-se uso conjunto de regressão fracionária (Ramalho et al., 2010) com o método de momentos generalizado – GMM (Gallant, 1987; Davidson; MacKinnon, 1993; Greene, 2011).

Seja $\hat{\theta}_\tau$ o índice de Gini para o município, τ e w_τ o vetor de variáveis contextuais, incluindo tecnologia. Supõe-se que $\hat{\theta}_\tau = H(w_\tau \delta) + \varepsilon_\tau$, em que $H(\cdot)$ é uma função de distribuição de probabilidades. Tal dependência permite o estudo do comportamento do índice de concentração como função monótona do construto linear $w_\tau \delta$. O vetor paramétrico δ é estimado por GMM. Essa abordagem engloba a potencial endogeneidade de qualquer variável, em particular da *proxy* de tecnologia. Como vetor de variáveis instrumentais z_τ faz-se uso de indicadores de desenvolvimento municipal. A condição de momentos é dada pela expressão $E\{z_\tau \otimes [\theta_\tau - H(w_\tau \delta)]\} = 0$, onde \otimes denota produto direto. Escolhas típicas para $H(\cdot)$ obtêm-se das distribuições logística, normal padrão e inversa da distribuição do valor extremo, para as quais $H(u) = e^u/(1 + e^u)$, $H(u) = \Phi(u)$, e $H(u) = 1 - e^{-e^u}$ respectivamente. A função $\Phi(u)$ é a função de distribuição normal padrão.

Os efeitos marginais das covariáveis são calculados com a utilização das fórmulas seguintes.

$$\partial H(\mu_\tau) / \partial x = [H'(\mu_\tau)] \times (\partial \mu_\tau / \partial x)$$

$$H'(\mu_\tau) = \exp[\mu_\tau - \exp(\mu_\tau)]$$

$$\mu_\tau = w_\tau \delta$$

O índice de Gini e a *proxy* para tecnologia captam as mesmas imperfeições de mercado e, portanto, espera-se uma associação significativa e positiva entre essas variáveis. A hipótese básica é que valores elevados da eficiência são indicativos de acesso à informação e à tecnologia, e esses componentes estariam disponíveis apenas para os produtores com alto nível de renda.

Resultados estatísticos

Na Tabela 2 mostram-se as correlações de Spearman entre todos os pares de variáveis consideradas na análise. Todas as correlações são não negativas, o que sugere uma relação monotônica entre o índice de Gini e o construto linear $w_r \delta$.

Tabela 2. Correlações de Spearman.

	Gini	Tec	Ambi	Demo	Infra	Assitec	Saúde	Educa
Gini	1,0000	0,4596	0,1649	0,1588	0,0521	0,1139	0,0149	0,0959
		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,1273</i>	<i>0,0008</i>	<i>0,6625</i>	<i>0,0049</i>
Tec	0,4596	1,0000	0,2379	0,5191	0,3585	0,4366	0,0052	0,3592
	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,8799</i>	<i><0,0001</i>
Ambi	0,1649	0,2379	1,0000	0,4451	0,3410	0,4178	0,2658	0,4243
	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
Demo	0,1588	0,5191	0,4451	1,0000	0,5130	0,6967	0,1806	0,5769
	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
Infra	0,0521	0,3585	0,3410	0,5130	1,0000	0,5904	0,3752	0,6678
	<i>0,1273</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
Assitec	0,1139	0,4366	0,4178	0,6967	0,5904	1,0000	0,2946	0,6224
	<i>0,0008</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
Saúde	0,0149	0,0052	0,2658	0,1806	0,3752	0,2946	1,0000	0,4579
	<i>0,6625</i>	<i>0,8799</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>		<i><0,0001</i>
Educa	0,0959	0,3592	0,4243	0,5769	0,6678	0,6224	0,4579	1,0000
	<i>0,0049</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	

Gini = índice de concentração; Tec = tecnologia (DEA score); Ambi = indicador ambiental; Demo = indicador demográfico; Infra = infraestrutura; Assitec = assistência técnica; Saúde = indicador de saúde; Educa = indicador de educação; p-valores em itálico.

Apresentam-se a seguir análises de variância com investigação dos efeitos regionais estimados para cada variável contextual. A região Sul foi eliminada por conter apenas um município no bioma Cerrado. Nas Tabelas 3 e 4 mostra-se a análise de variância da variável tecnológica – score DEA. A análise indica diferenças significativas entre regiões. A maior média é para a região Centro-Oeste, seguida de Sudeste, Norte e Nordeste. Todos os pares de diferenças entre regiões são significativos.

Nas Tabelas 5 e 6 verifica-se a análise de variância do indicador ambiental. A análise indica diferenças significativas entre regiões. A maior média é para a região Centro-Oeste, seguida de Sudeste, Norte e Nordeste. Todos os pares de diferenças entre regiões são significativos.

Tabela 3. Análise de variância – escore DEA (tecnologia).

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	14,0034	4,6678	72,89	<0,0001
Erro	855	54,7556	0,0640	-	-
Total corrigido	858	68,7590	-	-	-

Tabela 4. Médias de mínimos quadrados por região – escore DEA (tecnologia).

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,7498	0,0242
Norte	0,3210	0,0234
Nordeste	0,4454	0,0181
Sudeste	0,6060	0,0121

Tabela 5. Análise de variância – indicador ambiental.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	2,3280	0,7760	142,38	<0,0001
Erro	855	4,6599	0,0055	-	-
Total corrigido	858	6,9879	-	-	-

Tabela 6. Médias de mínimos quadrados por região – indicador ambiental.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,5578	0,0071
Norte	0,4859	0,0068
Nordeste	0,4158	0,0053
Sudeste	0,5361	0,0035

Nas Tabelas 7 e 8 apresenta-se o resultado da análise de variância para o indicador demográfico. O padrão é similar aos observados anteriormente.

Tabela 7. Análise de variância – indicador demográfico.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	8,1971	2,73244448	203,27	<0,0001
Erro	855	11,4930	0,0134	-	-
Total Corrigido	858	19,6900	-	-	-

Tabela 8. Médias de mínimos quadrados por região – indicador demográfico.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,6768	0,0111
Norte	0,4916	0,0107
Nordeste	0,3761	0,0083
Sudeste	0,5789	0,0056

A análise de variância para o indicador educacional pode ser depreendida das Tabelas 9 e 10. Nesta componente a maior média é observada na região Sudeste, seguidas de Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Todas as diferenças são significativas.

Tabela 9. Análise de variância – indicador de educação.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	40,5067	13,5022	481,98	<0,0001
Erro	855	23,9520	0,0280	-	-
Total corrigido	858	64,4587	-	-	-

Tabela 10. Médias de mínimos quadrados por região – indicador de educação.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,5238	0,0160
Norte	0,4071	0,0155
Nordeste	0,22836	0,01196
Sudeste	0,75184	0,00801

O indicador de saúde também difere entre regiões (Tabelas 11 e 12). A maior média está na região Sudeste, seguida das regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste. As diferenças das médias dos pares regionais são significativas. Esses resultados não concordam com o padrão do País apresentado em Souza et al. (2016), em que a relação é Sul > Sudeste > Nordeste = Centro-Oeste > Norte.

Tabela 11. Análise de variância – indicador de saúde.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	22,7947	7,5983	148,34	<0,0001
Erro	855	43,795328	0,0512	-	-
Total corrigido	858	66,5900	-	-	-

Tabela 12. Médias de mínimos quadrados por região – indicador de saúde.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-oeste	0,3247	0,0217
Norte	0,4714	0,0209
Nordeste	0,2624	0,0162
Sudeste	0,6384	0,0108

O indicador de infraestrutura é altamente correlacionado com as imperfeições de mercado, particularmente educação e assistência técnica. Esse indicador também difere entre regiões, conforme Tabelas 13 e 14. A maior média é da região Sudeste, seguida de Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

Tabela 13. Análise de variância – indicador de infraestrutura.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	40,1329	13,3777	256,7	<0,0001
Erro	855	44,5569	0,0521	-	-
Total corrigido	858	84,6898	-	-	-

Tabela 14. Médias de mínimos quadrados por região – indicador de infraestrutura.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,3596	0,0219
Norte	0,1161	0,0211
Nordeste	0,1714	0,0163
Sudeste	0,6163	0,0109

A assistência técnica também difere entre regiões (Tabelas 15 e 16) e a ordem das médias é Sudeste = Centro-Oeste > Norte > Nordeste.

Tabela 15. Análise de variância – indicador de assistência técnica.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	34,0292	11,3431	263,33	<0,0001
Erro	855	36,8297	0,04308	-	-
Total corrigido	858	70,8588	-	-	-

Tabela 16. Médias de mínimos quadrados por região – indicador de assistência técnica.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,6431	0,0199
Norte	0,4403	0,0192
Nordeste	0,1730	0,0148
Sudeste	0,65578	0,00993

Finalmente, o indicador de concentração de Gini sugere níveis elevados de concentração da renda em todas as regiões. Médias são superiores a 80% (Tabelas 17 e 18).

Tabela 17. Análise de variância – índice de Gini.

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr > F
Regiões	3	0,1775	0,0592	7,71	<0,0001
Erro	855	6,5616	0,0077	-	-
Total corrigido	858	6,7391	-	-	-

Tabela 18. Médias de mínimos quadrados por região – índice de Gini.

Região	Médias de mínimos quadrados	Desvio-padrão
Centro-Oeste	0,8391	0,0084
Norte	0,8091	0,0081
Nordeste	0,8048	0,0063
Sudeste	0,8353	0,0042

Na Tabela 19 apresentam-se os resultados da estimação via GMM. Foram utilizadas 12 variáveis instrumentais, quais sejam: proporção de estabelecimentos com destino adequado de lixo, taxa de envelhecimento da população rural, existência de energia elétrica, índice de desenvolvimento da educação básica, suprimento de água, índice de desempenho do sistema de saúde, indicador ambiental, indicador demográfico e quatro variáveis indicadoras regionais (Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul). A função objetivo do método de estimação é mínima para a distribuição inversa do valor extremo. O teste J de Hansen de adequabilidade do ajuste (Greene, 2011) com três graus de liberdade (0,596) não é significativo (p -valor = 0,897). A correlação entre valores observados e preditos é 53,2%. O indicador de saúde não foi significativo e, portanto, foi retirado do modelo, mas não do conjunto de variáveis instrumentais.

As covariáveis atuam no sentido oposto às imperfeições de mercado. Valores baixos desses indicadores implicam eficiência técnica próxima a um para estabelecimentos

Tabela 19. Resultados da estimação via método de momentos generalizado (GMM).

Variável	Coefficiente	Desvio-padrão	z	P> z	Intervalo de confiança a 95%	
Tecnologia	0,7773	0,2654	2,93	0,003	0,2571	1,2976
Meio ambiente	0,4615	0,1312	3,52	0,000	0,2045	0,7186
Demografia	-0,4082	0,2365	-1,73	0,084	-0,8718	0,0553
Educação	-0,1532	0,0730	-2,10	0,036	-0,2962	-0,0101
Infraestrutura	-0,0915	0,0441	-2,08	0,038	-0,1779	-0,0051
Norte	0,0224	0,0506	0,44	0,658	-0,0767	0,1216
Nordeste	-0,1179	0,0441	-2,67	0,008	-0,2044	-0,0315
Centro-Oeste	-0,1316	0,0439	-3,00	0,003	-0,2176	-0,0455
Sul	0,2796	0,0361	7,75	0,000	0,2089	0,3503
Constante	0,2907	0,0811	3,58	0,000	0,1317	0,4497

com alto nível de renda e concentração. Nesse contexto, esperam-se sinais negativos para as variáveis de imperfeição de mercado e positivo para tecnologia. Nota-se que a variável ambiental, como aqui medida, está associada à tecnologia e deveria ter sinal positivo. De fato, observa-se esse padrão. Nota-se um forte efeito regional. O efeito demográfico é marginalmente significativo e os demais são estatisticamente significantes.

A intensidade de qualquer efeito marginal, para o município τ , é determinada pelo fator $\exp[\mu_\tau - \exp(\mu_\tau)]$. Observa-se que as regiões mais beneficiadas com redução das imperfeições de mercado seriam Norte e Nordeste. Na Tabela 20 especifica o quantitativo esperado, calculado na intensidade média regional de cada variável contextual. Por exemplo, o efeito do aumento de uma quantidade $dtec$ no nível eficiência técnica levaria ao incremento de 0,2401 $dtec$ no índice de concentração de renda esperado para a região Norte. Por sua vez, o aumento de uma quantidade $deduc$ no nível de educação reduziria a concentração da renda em 0,0473 $deduc$ na mesma região.

Tabela 20. Efeitos marginais no índice de Gini, *ceteris paribus*.

Região	Tecnologia	Meio ambiente	Demografia	Educação	Infraestrutura
Norte	0,2401	0,1428	-0,1261	-0,0473	-0,0284
Nordeste	0,2393	0,1423	-0,1257	-0,0471	-0,0283
Sudeste	0,2246	0,1335	-0,1179	-0,0442	-0,0266
Sul	0,1422	0,0845	-0,0747	-0,0280	-0,0168
Centro-Oeste	0,2238	0,1331	-0,1175	-0,0441	-0,0265

Considerações finais

Estudou-se a concentração da renda rural bruta no Cerrado, considerando a distribuição municipal do índice de Gini. A concentração é elevada e em média supera 80%. Para os municípios do Cerrado, as maiores concentrações ocorrem nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. A eficiência técnica é maior no Centro-Oeste. Imperfeições de mercado diferem regionalmente como indicado nos modelos de análise de variância. As condições mais desfavoráveis concentram-se nas regiões Norte e Nordeste, que apresentam valores mínimos em todos os atributos estudados, com exceção do indicador de saúde.

Os efeitos marginais são mais intensos nas regiões Norte e Nordeste, como evidenciado pela estimação via método de momentos generalizado. Como consequência, essas regiões seriam as mais beneficiadas por políticas públicas de inclusão produtiva via redução de imperfeições de mercado nos municípios correspondentes.

O escore DEA – *proxy* escolhida para uso de tecnologia – é dominante no modelo econométrico explicativo da concentração da renda rural. O escore tecnológico está também fortemente associado às imperfeições de mercado, que são também responsáveis pela concentração de renda. Assim, o uso de políticas públicas para eliminar desigualdades nas áreas rurais do Cerrado passa pela eliminação das imperfeições de mercado. Se essa eliminação não ocorrer, a extensão rural não será capaz de atingir de forma adequada os produtores rurais, particularmente aqueles do bioma Cerrado.

O modelo estatístico, com base em regressão fracionária e GMM, passa nos testes de especificação e confirma a relação positiva e estatisticamente significativa entre tecnologia e concentração de renda rural. Como esperado, as melhorias das condições de entorno dos estabelecimentos podem reduzir a concentração de renda em todas as regiões.

Referências

- ALVES, E.; SOUZA, G. da S. Pequenos estabelecimentos em termos de área também enriquecem? Pedras e Tropeços. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 7-21, 2015.
- ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Desigualdade nos campos sob a ótica do censo agropecuário 2006. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, p. 67-75, 2013.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. **Índice de Desenvolvimento Rural CNA**. [S.l.: s.n.], 2013.
- CONOVER, M. J. **Practical nonparametric statistics**. 3rd ed. New York: Wiley, 1999.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on data envelopment analysis**. 2nd ed. New York: Springer, 2011.

- DAVIDSON, R.; MACKINNON, J. G. **Estimation and inference in econometrics**. New York: Oxford University Press, 1993.
- GALLANT, A. R. **Nonlinear statistical models**. New York: Wiley, 1987.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 7th ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011.
- HELFAND, S. M.; ROCHA, R.; VINHAIS, H. E. F. Pobreza e desigualdade de renda no Brasil rural: uma análise da queda recente. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 39, n. 1, p. 59-80, 2009.
- KENDALL, M.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. London: Griffin, 1977. 484 p.
- NEDER, H. D.; SILVA, J. L. M. Pobreza e distribuição de renda em áreas rurais: uma abordagem de inferência. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 3, p. 469-486, 2004. DOI: 10.1590/S0103-20032004000300004.
- NEY, M. G.; HOFFMANN, R. A contribuição das atividades agrícolas e não-agrícolas para a desigualdade de renda no Brasil rural. **Economia Aplicada**, v. 12, n. 3, p. 365-393, 2008. DOI: 10.1590/S1413-80502008000300002.
- NEY, M. G.; HOFFMANN, R. Educação, concentração fundiária e desigualdade de rendimentos no meio rural brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 1, p. 147-181, jan./mar. 2009. DOI: 10.1590/S0103-20032009000100006.
- RAMALHO, E. A.; RAMALHO, J. J. S.; HENRIQUES, P. D. Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. **Journal of Productivity Analysis**, v. 34, n. 3, p. 239-255, 2010.
- SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; ALVES, E. R. A. Determinantes da dispersão da renda no meio rural brasileiro. **Blucher Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 173-184, 2016.
- SOUZA, J. **Estatística econômica e social**. Rio de Janeiro: Campus, 1977. 229 p.

Capítulo 7

Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado¹

Eduardo Delgado Assad

Daniel de Castro Victoria

Santiago Vianna Cuadra

Vanessa Silva Pugliero

Marília Ribeiro Zanetti

Introdução

Em 2015, o quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês, Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) deixa claro que

[...] o aquecimento do sistema climático é inequívoco, e desde os anos 1950, muitas das alterações observadas não têm precedente nas últimas décadas e milênios. A atmosfera e oceano aqueceram, a quantidade de neve e gelo diminuíram, e os níveis dos oceanos aumentaram².

O mesmo relatório também aponta que

[...] a influência humana no sistema climático é clara, e as recentes emissões antropogênicas de gases de efeito estufa são as maiores na história. Mudanças climáticas recentes têm amplos impactos nos sistemas naturais e antrópicos¹.

Tais alterações climáticas terão amplos efeitos no Brasil e no mundo, atingindo áreas diversas, como recursos hídricos, agricultura, energia, infraestrutura urbana e costeira, transportes e saúde, dentre outras. Este capítulo trata dos efeitos que tais alterações no clima podem ter sobre a agricultura no bioma Cerrado, identificando os principais impactos nas culturas agrícolas e elencando algumas alternativas para adaptação da produção.

¹ O presente trabalho foi realizado com a colaboração de bolsistas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) vinculados à Rede Clima – Projeto nº 40.18.00.059.00.01.001.

² Tradução livre a partir do texto original em inglês.

Riscos climáticos

O balanço hídrico climatológico para o bioma Cerrado foi simulado tomando-se por base a temperatura e a precipitação geradas pelos 30 modelos climáticos globais presentes no IPCC e todas as 76 projeções climáticas disponíveis. Para tal, utilizou-se o modelo de Thornthwaite-Matter (Pereira, 2005), considerando-se a capacidade de água disponível no solo de 200 mm, evapotranspiração potencial estimada a partir da formulação de Camargo et al. (1999) e dados do cenário do quinto relatório IPCC (RCP8.5). Como apresentado na Figura 1, é possível observar que todos os modelos indicam aumento na temperatura, em que a mediana dos modelos aponta aumento superior a 1,2 vezes. Apesar de os modelos concordarem na tendência de aumento da temperatura, eles apresentam variação em relação à precipitação (Figura 2), com indicações tanto de aumento como de redução. Porém, a mediana dos modelos indica ligeira redução da precipitação, em que a maioria (resultados entre percentis 25 e 75) também aponta estabilidade ou redução das chuvas.

O aumento da temperatura resulta em elevação da evapotranspiração potencial. No entanto, como não ocorre aumento da precipitação para compensar a maior demanda atmosférica, como consequência, tem-se um aumento significativo da deficiência hídrica (Figura 3). A mediana dos modelos aponta para aumento na deficiência hídrica superior a 1,5 vezes, em que a maioria dos resultados (entre percentis 25 e 75) indica aumento entre 1,4 a 1,7 vezes. Cabe ressaltar que nenhum modelo apontou redução da deficiência hídrica, o que significa que o aumento da precipitação em alguns dos modelos globais não foi suficiente para compensar o aumento da temperatura. Portanto, existe elevada concordância entre os modelos de que haverá aumento da deficiência hídrica no bioma Cerrado ao longo do presente século.

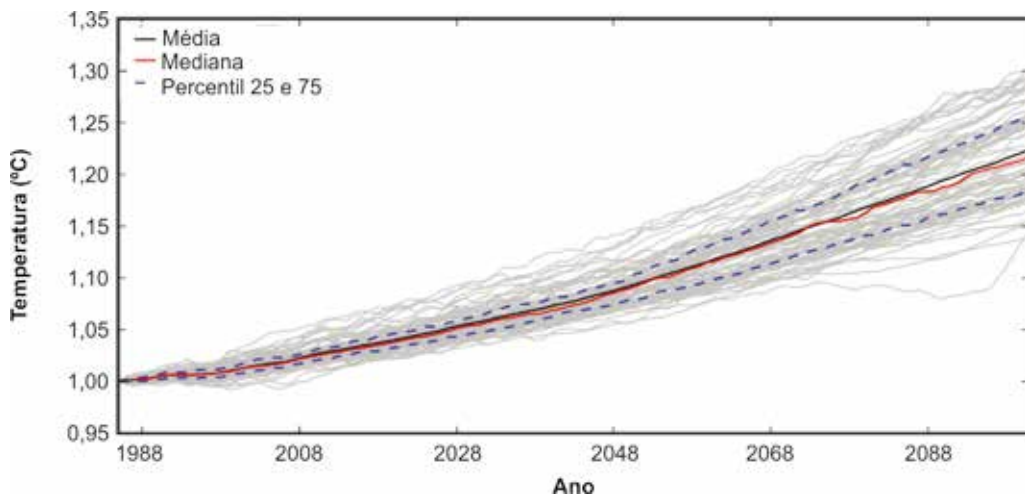


Figura 1. Incremento da temperatura média no bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos utilizados no quinto relatório do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada, os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

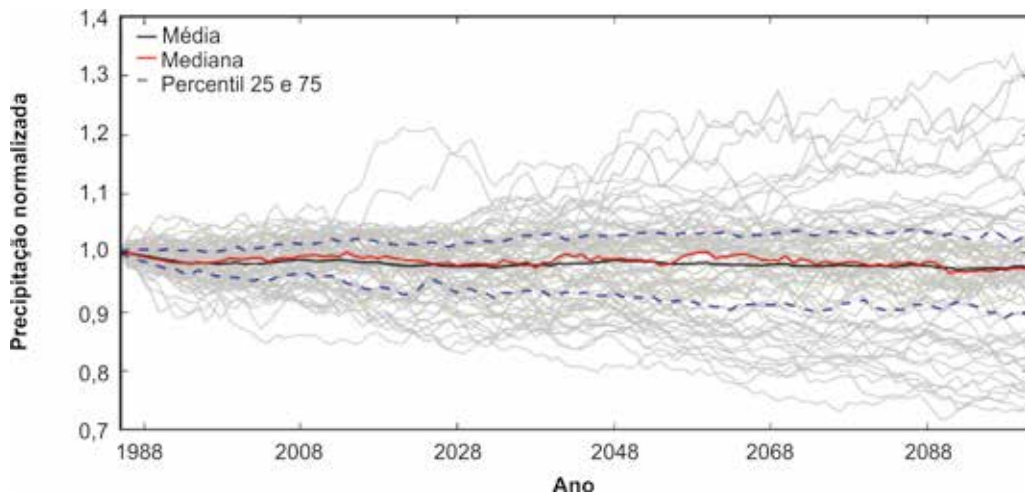


Figura 2. Alteração da precipitação média do bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

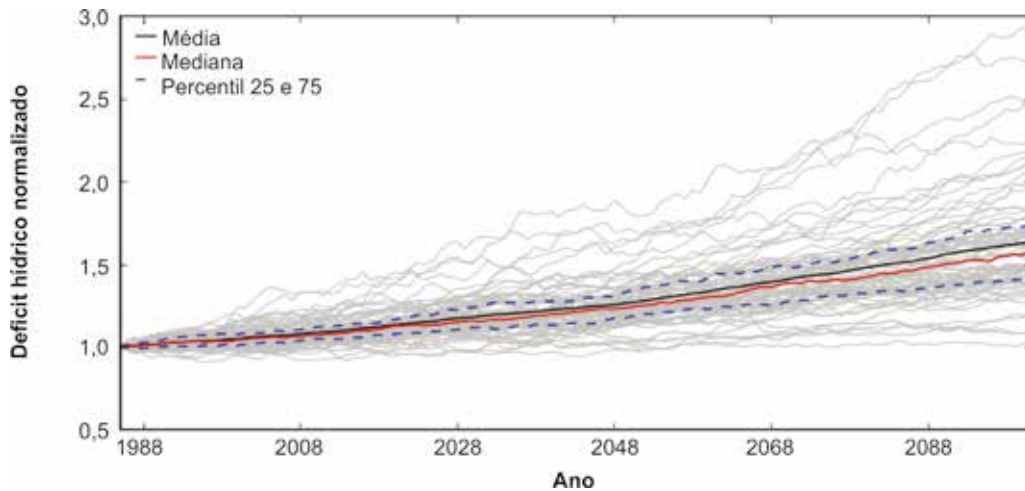


Figura 3. Alteração da deficiência hídrica média do bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada, os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

Dado o fato de que no bioma Cerrado encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), e de que nele estão localizados três grandes aquíferos (Guarani, Bambuí e Urucuia), tem-se que a região apresenta papel estratégico na reserva de água e na conservação da biodiversidade. Dessa forma, os resultados aqui apresentados são preocupantes,

pois apontam para um provável aumento da deficiência hídrica no bioma ao longo do presente século, podendo resultar em restrições aos diversos usos e conflitos pelo uso da água.

Estudos dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos regionalizados (Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5), com dois cenários de emissão (RCP4.5 e RCP8.5), indicam aumento da temperatura média no País (Figura 4), podendo atingir 2,5 °C no período de 2011–2040, quando considerados o modelo e o cenário mais críticos (Eta-HadGEM2-ES; RCP8.5). Também é salientado que a região Centro-Oeste do País será uma das mais afetadas (Brasil, 2016).

Tais alterações na temperatura já começam a ser identificadas. Na região Sul do País, foram encontradas tendências de aumento das temperaturas mínimas (noturnas) durante o período 1960–2002 (Marengo; Camargo, 2008), indicando que as alterações apontadas pelos modelos climáticos já estão em curso. Quanto às precipitações, os modelos utilizados nos estudos conduzidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC (Brasil, 2016) indicam, de forma geral, aumento das precipitações no extremo sul do País, enquanto as outras regiões apresentam redução (Figura 5). Mais especificamente para o Cerrado, a combinação do aumento da temperatura com redução da precipitação pode trazer consequências importantes para região, principalmente para a agricultura, setor cuja vulnerabilidade frente às mudanças climáticas é conhecida (Assad et al., 2013).

Os trabalhos baseados em resultados regionalizados das duas projeções climáticas (Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5) e que levam em conta o risco agroclimático para a produção agrícola mostraram:

1. Aumento do risco agroclimático nas áreas agrícolas para quase todas as lavouras.
2. Redução do potencial produtivo de baixo risco agroclimático.
3. Impactos mais relevantes para a cultura da soja (Figura 6), com previsão de municípios produtores passarem para a classificação de alto risco climático.
4. Impactos mais relevantes na região Sul do Brasil (Brasil, 2015).

Esse mesmo estudo utilizou um modelo econômico que simula o uso da terra para a produção agrícola e identificou que, sob a condição mais extrema (Eta-HadGEM2-ES, RCP8.5), a região Sudeste, principalmente nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, poderá ter redução de 17% no potencial de área produtiva, enquanto o Cerrado, nos estados da Bahia e Piauí, terá redução de 33% da área produtiva. No entanto, algumas áreas como o Cerrado da região Centro-Oeste poderão apresentar aumento da área produtiva, as quais deverão substituir pastagens (Brasil, 2015). Em resumo, as alterações climáticas poderão afetar toda a geografia da produção agrícola brasileira.

A seguir, é apresentada uma análise dos impactos das mudanças climáticas em diferentes culturas, considerando-se apenas as áreas antropizadas no bioma Cerrado. Foram avaliados os resultados dos modelos Eta-HadGEM2-ES e MIROC5, nos cenários

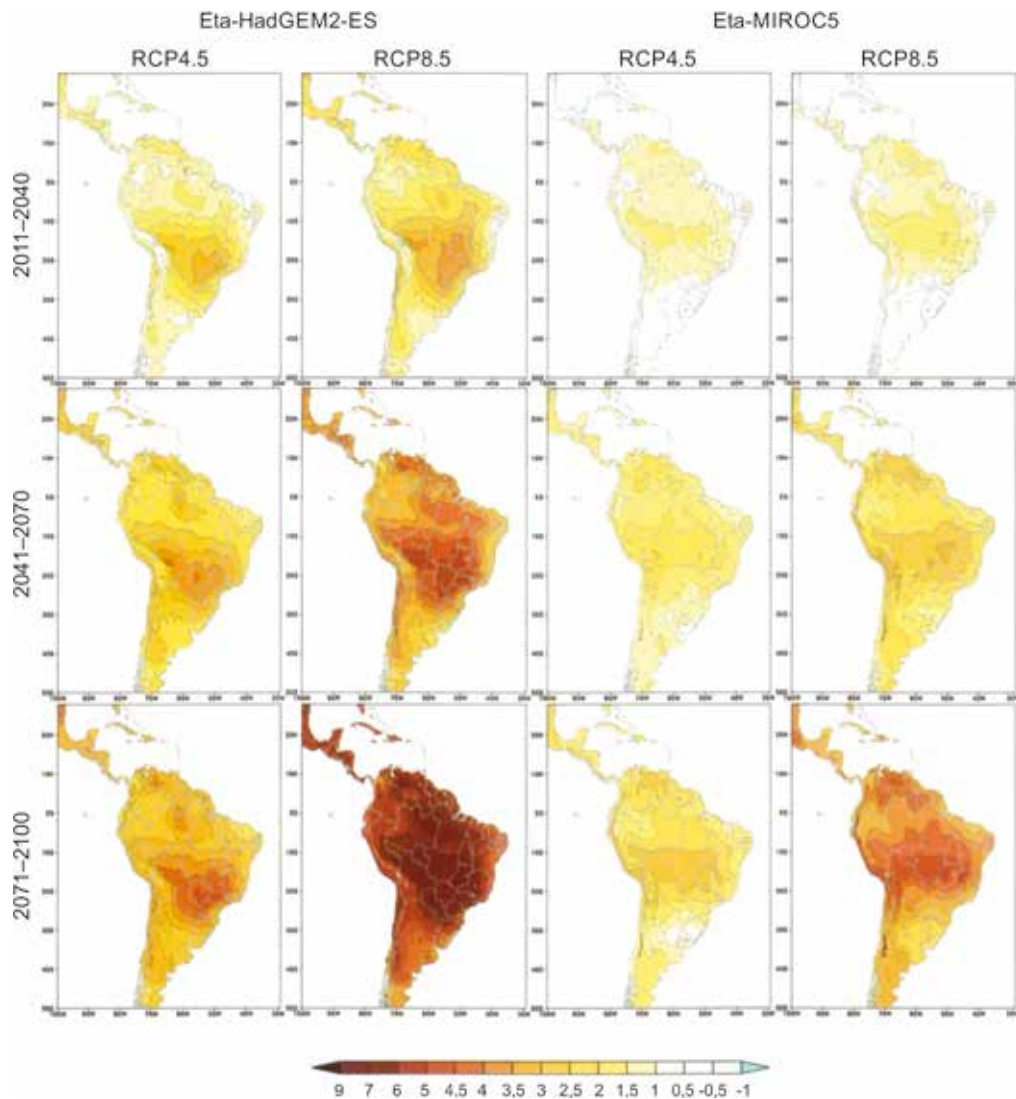


Figura 4. Diferença de temperatura média (°C) no verão, entre os períodos do futuro e do presente (1961–1990).

Fonte: Plano... (2016).

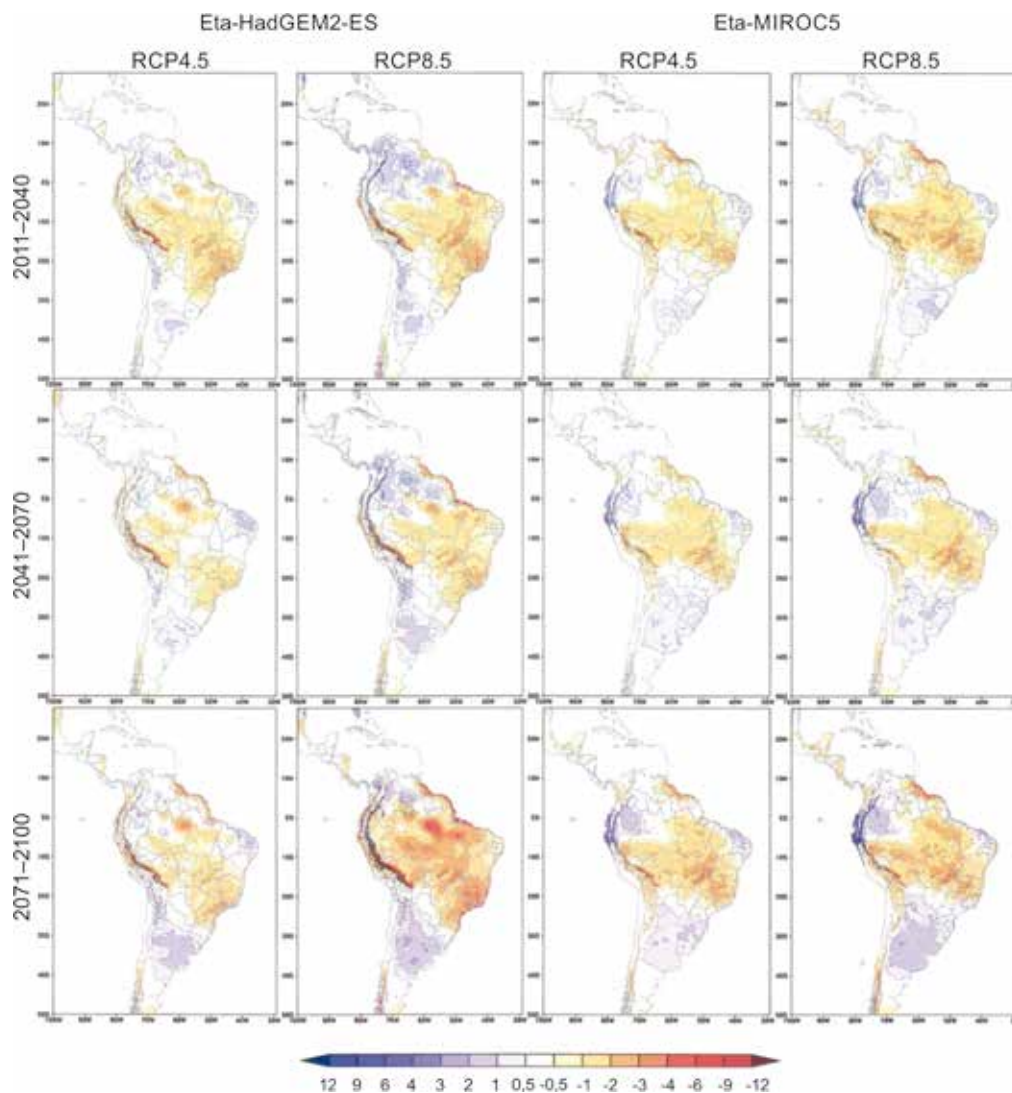


Figura 5. Diferença da precipitação média (mm/dia) no verão, entre os períodos do futuro e do presente (1961–1990).

Fonte: Plano... (2016).

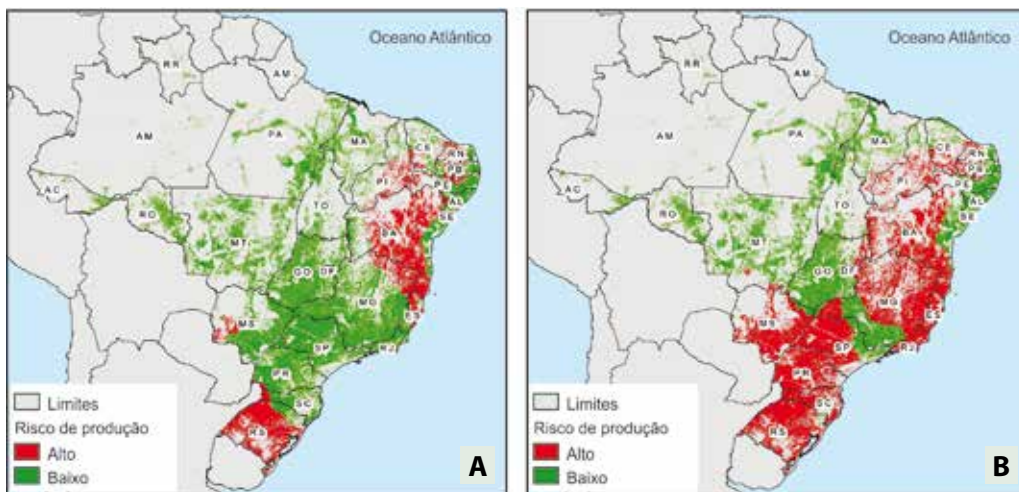


Figura 6. Risco climático para a cultura da soja, para os diferentes modelos e cenários (A) 1975–2000 (ano central 1990) e (B) 2011–2040 Eta-HadGEM2-ES RCP8.5.

Fonte: Brasil (2015).

RCP4.5 e RCP8.5, para o clima do período 2011–2040, em relação ao cenário-base climático (1961–1990). As culturas consideradas foram: algodão, arroz, feijão, milho e soja. Para a cultura do algodão, o cenário-base indica que as áreas com alto risco climático são quase nulas (Figura 7). No entanto, os resultados do modelo Eta-HadGEM2-ES para o período futuro (2011–2040) indicam redução de 5,9% da área de baixo risco no cenário RCP4.5 e redução de 8,8% no cenário RCP8.5. Cabe ressaltar que a região afetada, no oeste da Bahia, é produtora tradicional de algodão, tendo plantados 190 mil hectares no ano de 2017 (IBGE, 2018). Por sua vez, o modelo MIROC5 não aponta alteração no risco climático para a cultura.

Para a cultura do arroz tropical de sequeiro, as condições climáticas atuais (climatologia de 1961–1990) apontam para uma área de 933 mil hectares com alto risco climático (1,2% da área agrícola do bioma) (Figura 8). Para o período futuro, ambos os modelos (Eta-HadGEM2-ES e MIROC5) apontam para redução da área com baixo risco e aumento da área com alto risco, em que os resultados do modelo MIROC5 são menos intensos. Para o modelo Eta-HadGEM2-ES, a área com baixo risco meteorológico para o arroz reduzirá 21,0% no cenário RCP4.5 e 27,3% no RCP8.5. Já as projeções do Eta-MIROC5 apontam redução de 7,2% e 6,5%.

Para a cultura do feijão, a simulação do risco climático com dados do clima presente (1961–1990) indica que 4% da área agrícola do bioma (aproximadamente 3,1 milhões de hectares) apresenta alto risco (Figura 9). As projeções com os dados do modelo Eta-HadGEM2-ES apontam uma redução da área de baixo risco (25% e 31% nos cenários RCP4.5 e 8.5, respectivamente). Dessa forma, o bioma apresentaria 28% de áreas com alto risco climático para o feijão no cenário RCP4.5 e 33,8% de áreas com alto risco no cenário RCP8.5. Já a projeção com o modelo Eta-MIROC5 apresenta

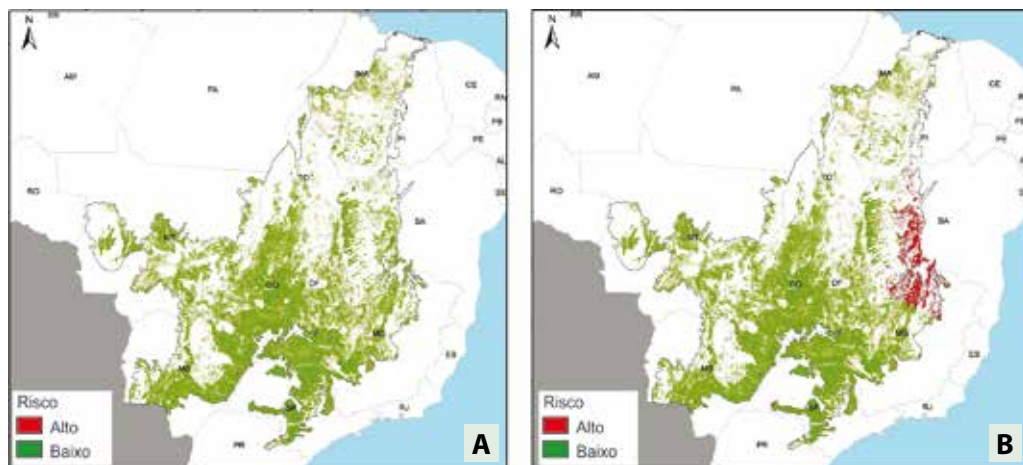


Figura 7. Risco climático para a cultura do algodão, sobre as áreas antropizadas nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

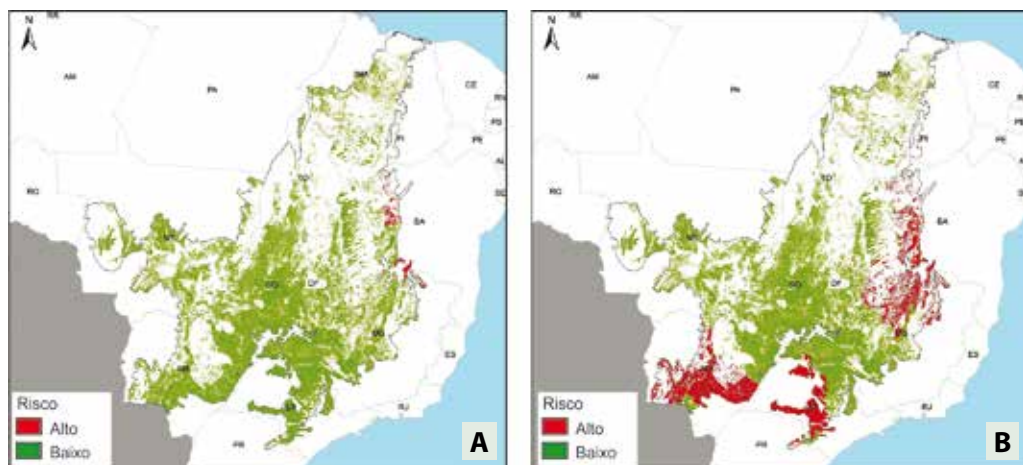


Figura 8. Risco climático para a cultura do arroz nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

resultados divergentes do Eta-HadGEM2-ES, com aumento da área com baixo risco e redução da área com alto risco. Dessa forma, o bioma teria apenas 2,1% de áreas com alto risco no RCP4.5 e 2,9% no cenário RCP8.5.

Para o milho, o modelo Eta-HadGEM2-ES aponta 13,6% de redução das áreas com baixo risco no cenário RCP4.5 e 15% de redução no cenário RCP8.5, enquanto a projeção com o modelo Eta-MIROC5 apresenta pequenas alterações nas áreas de baixo risco (menor que 0,5%) (Figura 10). Já para o milho safrinha, o modelo Eta-HadGEM2-ES indica significativa redução da área de baixo risco (40,7% e 42,8%

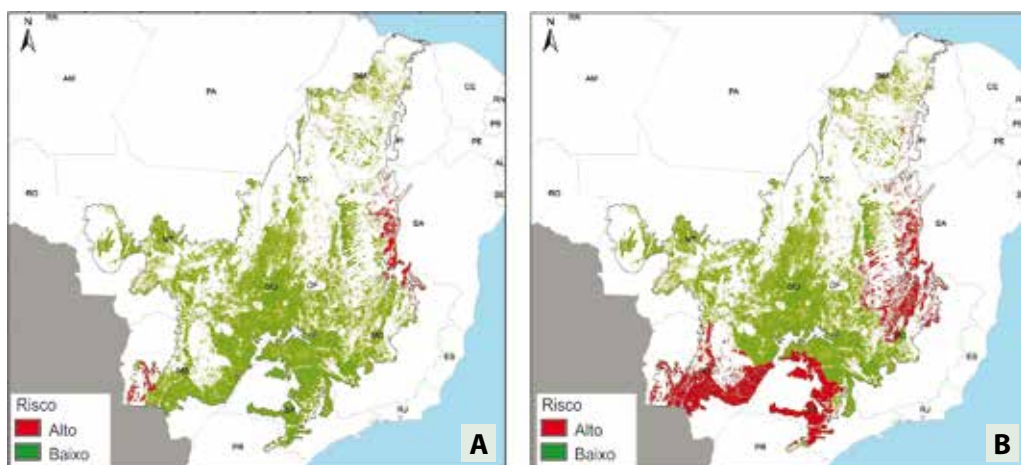


Figura 9. Risco climático para a cultura do feijão nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

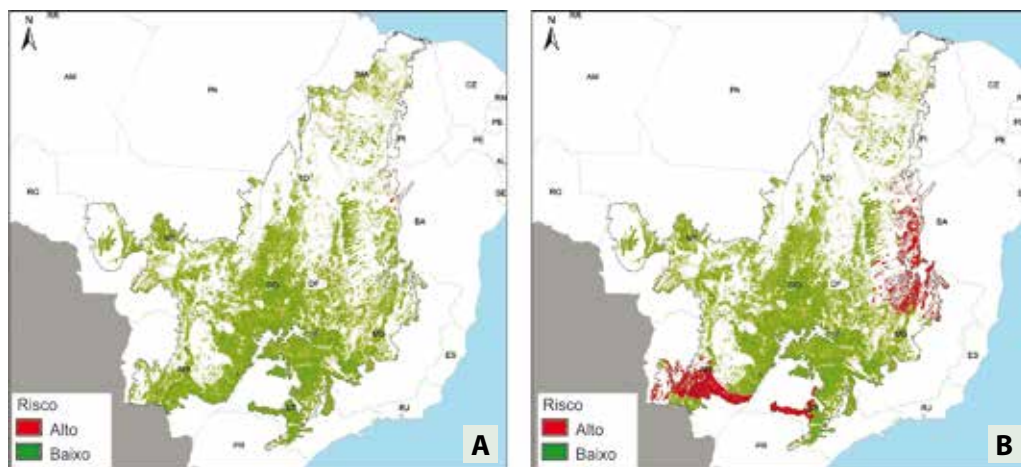


Figura 10. Risco climático para a cultura do milho nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011–2040 (B).

nos cenários RCP4.5 e 8.5, respectivamente). Dessa forma, a área com alto risco climático para o milho safrinha passaria de 21,6% do bioma, nas condições climáticas presentes, para 53,5% e 58,0% nos dois cenários de clima futuro gerados com as projeções climáticas do modelo Eta-HadGEM2-ES. Já o modelo Eta-MIROC5 apresenta resultado conflitante para o milho safrinha, com redução da área com alto risco no cenário RCP4.5 e aumento dessa área no cenário RCP8.5.

Para a cultura da soja (Figura 11), o modelo Eta-HadGEM2-ES aponta redução de 35,4% da área com baixo risco no cenário RCP4.5 e 42,8% no cenário RCP8.5, enquanto o modelo MIROC5 aponta reduções próximas a 6% em ambos os cenários.

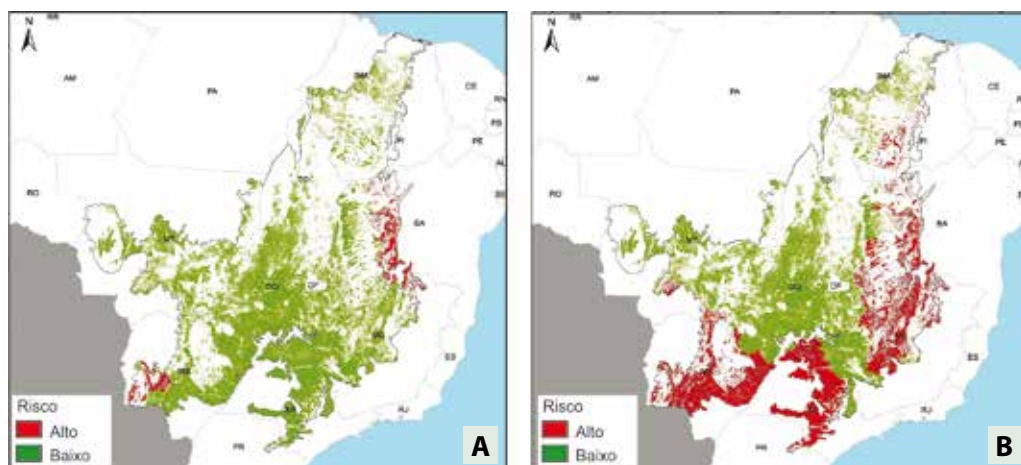


Figura 11. Risco climático para a cultura da soja nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4 para o período 2011–2040 (B).

Na Tabela 1 resume-se a variação das áreas com baixo e alto risco climático para as diferentes culturas, considerando os dois modelos climáticos utilizados e os dois cenários de emissão.

Tabela 1. Variação das áreas com baixo e alto risco climático para as diferentes culturas.

Cultura	Valor da produção em 2015 (mil reais)	Risco potencial de perda em 2050 (mil reais)	Redução (%)
Arroz	1.008.696,00	173.637,00	17
Algodão	6.709.656,00	198.405,00	3
Feijão	2.983.608,00	369.874,00	12
Milho	16.481.668,00	1.427.319,00	9
Soja	48.709.188,00	14.845.136,00	30

Nota: as perdas de soja estimadas pela Associação Brasileira dos Produtores de Soja (Aprosoja) na safra 2018/2019 atingiram o patamar de 17 bilhões de reais.

Medida de adaptação para produção agrícola

No caso específico do Brasil, a produção agrícola poderá ter um aumento ainda mais elevado, e o crescimento das exportações tem colocado o País como um dos principais produtores agropecuários do mundo. Concomitante ao aumento das demandas, os impactos ambientais, econômicos e sociais das alterações do clima global são um dos maiores desafios atuais da humanidade. Assim, os atuais sistemas produtivos terão que continuar aumentando sua eficiência para garantir o crescimento da produção e se adaptar às alterações climáticas, concomitantemente à maior preservação dos serviços ecossistêmicos.

Do ponto de vista estratégico, será de extrema importância antever de que maneira os agroecossistemas atenderão ao aumento da demanda mundial por alimentos, fibras e energia de modo sustentável e em um contexto no qual a produtividade agrícola possa apresentar estagnação ou reduções associadas às mudanças climáticas (Zhao et al., 2017). A variabilidade climática é responsável por aproximadamente um terço das oscilações da produtividade agrícola em todo o mundo (Ray et al., 2015). As mudanças climáticas devem, portanto, aumentar a variabilidade da produtividade agrícola, a qual poderá ser reduzida drasticamente ao longo da segunda metade deste século na ausência de medidas de adaptação e de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Nesse sentido, ao longo dos últimos anos, a pesquisa tem buscado soluções para o desenvolvimento sustentável por meio de estudos dos impactos das mudanças climáticas que subsidiem medidas de adaptação frente às atuais e futuras alterações no clima. Portanto, torna-se imperativo o fortalecimento de ações para reduzir os impactos e riscos inerentes às mudanças climáticas, criar oportunidades na economia de baixa emissão de carbono e promover a inclusão social. O principal alvo é procurar as melhores condições de adaptação que permitam à agropecuária manter ou aumentar sua capacidade produtiva, em situações de estresses ambientais. Concomitante ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, a adoção de boas práticas agropecuárias é considerada um método viável de prover resiliência e minimizar a exposição aos riscos climáticos, possibilitando reduzir as atuais lacunas de produtividade (Ittersum et al., 2016). Um exemplo de tecnologia advinda da pesquisa e que incentiva a adoção de boas práticas é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc). Ao indicar as épocas mais favoráveis para a implantação de diversas culturas agrícolas, o Zarc contribui para reduzir os riscos da produção (Santos et al., 2010). Frente a esses desafios, a utilização da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) constitui-se em uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação (Signoretti, 2012).

Interação com as tecnologias do Plano ABC

A condição fundamental para o êxito do Nacional de Vegetação (Planaveg) é que haja a implementação de vários programas e políticas já existentes. Em uma delas, a intensificação sustentável da agropecuária, o foco é aumentar a produtividade de pastagens e áreas de cultivo nas regiões fora de áreas a serem recuperadas por meio do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) e outros programas voltados à intensificação, dentro dos parâmetros sustentáveis da agropecuária. Há necessidade de fomento e fortalecimento de práticas sustentáveis de agricultura e pecuária em áreas de pastagem e áreas com alta e média aptidão agrícola. Várias práticas podem ajudar a incrementar a produção e produtividade da agropecuária de forma sustentável nas áreas de pastagem e de cultivo existentes. Essas práticas incluem a melhoria do manejo de pastagem (por exemplo, manejo rotacionado ou

racional), ILPF, melhoramento genético, irrigação, plantio direto, cultivo mínimo, manejo integrado do solo e da água, etc. Todas essas práticas removem CO₂ da atmosfera, mitigando os efeitos do aquecimento global.

Com base nesses compromissos, o Plano ABC foi estruturado em sete linhas que visam à adoção de tecnologias de baixa emissão de GEE no campo. Seis dessas são referentes à mitigação, enquanto a sétima linha engloba ações de adaptação às mudanças climáticas. Estas tecnologias foram testadas e validadas cientificamente por instituições de pesquisa, principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa):

1. **Recuperação de pastagens degradadas** – A degradação das pastagens é o processo em que ocorre a perda do vigor, da produtividade e da capacidade das pastagens em sustentar a produção animal. Esse processo resulta na perda de cobertura vegetal, na redução da matéria orgânica do solo e no aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera. A recuperação das pastagens degradadas e a manutenção da produtividade contribuem para mitigar a emissão dos GEEs.
2. **Integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais** – A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias ou florestais em uma mesma área. Esses sistemas contribuem para a recuperação de áreas degradadas, a manutenção e reconstituição da cobertura vegetal, a promoção e geração de emprego, entre outros benefícios. Cabe destacar o papel importante desempenhado por esses sistemas na valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas, tais como: conservação dos recursos hídricos e edáficos; abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de insetos, pragas e doenças; fixação de carbono e nitrogênio; redução da emissão de GEE; reciclagem de nutrientes; biorremediação do solo; e manutenção e uso sustentável da biodiversidade. Esses sistemas são divididos em quatro modalidades: integração lavoura-pecuária (agropastoril); lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril); pecuária-floresta (silvipastoril) e lavoura-floresta (silviagrícola).
3. **Sistema plantio direto** – O plantio direto consiste em processos tecnológicos que mobilizam o solo apenas na linha ou cova de semeadura, mantendo uma cobertura permanente desse solo. O sistema deve estar associado à agricultura conservacionista, contribuindo para a conservação do solo e da água; elevando os teores de matéria orgânica; aumentando a eficiência da adubação; reduzindo o consumo de combustíveis fósseis e uso de agrotóxicos; e mitigando a emissão de GEE.
4. **Fixação biológica de nitrogênio** – A fixação biológica de nitrogênio (FBN) consiste em utilizar microrganismos capazes de assimilar o nitrogênio atmosférico (N₂) para uso da produção agrícola. Esse é um processo amplamente reconhecido, que reduz o custo da produção, aumenta o teor de matéria orgânica do solo (sequestro de carbono), melhora a fertilidade do solo e reduz os riscos para o meio ambiente pela redução das emissões de GEE.

5. **Florestas plantadas** – As florestas plantadas para fins econômicos possibilitam inserir uma fonte de renda de longo prazo para a propriedade rural; aumentar a oferta de madeira para as indústrias de papel e celulose, móveis e painéis de madeira, para geração de energia, construção civil, etc., reduzindo a pressão sobre as matas nativas no que tange à oferta de madeira; e capturar o CO₂ atmosférico, diminuindo os efeitos do aquecimento global.
6. **Tratamento de dejetos animais** – O tratamento adequado dos dejetos originados a partir da criação de animais em confinamento contribui para a redução da emissão de metano, além de possibilitar a geração de renda a partir do composto orgânico produzido ou pela geração de energia do biogás. Esses processos de compostagem e biodigestão são amplamente conhecidos e têm, como benefícios, a redução dos custos de produção, a diminuição dos impactos ambientais e a redução das emissões de GEEs.

Considerações finais

As mudanças do clima afetam a temperatura e a distribuição das chuvas, impactando o ciclo das culturas e da vegetação. Como consequência, podem-se ter menores safras e produtos de menor qualidade, com grandes prejuízos para a agricultura, risco à segurança alimentar e à permanência dos agricultores no campo. A adaptação às mudanças climáticas deve ser parte de um conjunto de políticas públicas que tenham como foco o investimento com maior eficácia na agricultura, promovendo sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição, à organização da produção, à garantia de geração de renda, à pesquisa (recursos genéticos e melhoramento, recursos hídricos, adaptação de sistemas produtivos, identificação de vulnerabilidades e modelagem), dentre outras iniciativas.

Hoje, o Cerrado é o bioma brasileiro onde se concentra o maior rebanho bovino (36% de todo o gado) e onde mais se produz soja (mais de 63% de todo o grão brasileiro). Na safra 2013/2014, o bioma Cerrado foi responsável por 51,9% (15,66 milhões de hectares – Mha) da área de soja cultivada no Brasil. A área de soja, milho e algodão de primeira safra passou de 9,33 Mha em 2000/2001 para 12,30 Mha em 2006/2007, atingindo 17,43 Mha em 2013/2014. Somente a soja aumentou a área plantada em 108% entre as safras 2000/2001 (7,53 Mha) e 2013/2014 (15,66 Mha). A mudança de uso e cobertura da terra, associada à dinâmica da expansão das culturas anuais, converteu 4,61 Mha entre 2000/2001 e 2006/2007, e mais 6,07 Mha entre 2006/2007 e 2013/2014.

Uma das medidas preconizadas para amenizar os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento no bioma Cerrado é incentivar a transição de pastagens de baixa produtividade para áreas agrícolas, por meio de sistemas integrados de produção, lavoura e pecuária; e por práticas preconizadas e apoiadas pelo Plano ABC. O Plano ABC, criado com base em um amplo processo de debates coordenado pelo Ministério da Agricultura ao longo dos anos 2010 e 2011, reúne ações de mitigação

que podem gerar reduções de emissão de até 163 milhões de toneladas de CO₂eq, bem como ações de adaptação. Entre 2010 e 2017, as ações do Plano ABC ganharam escala, muito embora existam diversos entraves que dificultam o acesso aos recursos e a implementação efetiva das práticas de baixo carbono³. Atualmente, as práticas incluídas no Plano ABC são: restauração de pastagens, plantio direto, fixação biológica do nitrogênio, tratamento de dejetos e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

Entre 2000 e 2014, mais de 5,6 Mha de pastagens foram convertidos para soja, mas a hipótese de que a maior parte destas pastagens é degradada precisa ser testada e validada, com base em imagens de satélites e verificações in loco. Uma vez que as áreas de pastagens vêm decrescendo no bioma Cerrado nos últimos anos, com aumento de 15% do rebanho bovino entre 2000 e 2014, pode-se supor um processo de intensificação da pecuária. Investimentos em produtividade permitem a criação de um rebanho maior, sem expansão da área ocupada. A transição de áreas com pastagens para sistemas mais integrados de produção, a exemplo do ILPF, possibilita elevar a oferta de grãos, proteína e fibras na região.

É necessário também promover a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) nas bordas de cursos d'água, as APPs hídricas na região do Cerrado. Isso porque um dos maiores problemas que têm sido enfrentados na região é, em algumas áreas, a restrição ao uso da água, e, em outros, o uso descontrolado da água. Com o corte da vegetação das APPs com função hídrica, ocorre a fragmentação da rede de drenagem e começam a surgir os problemas que contribuíram para a crítica situação de oferta e abastecimento de água, como:

1. Pouca ou nenhuma infiltração de água da chuva.
2. Reduzida alimentação do lençol freático.
3. Alta evaporação e erosão acentuada, prejudicando o acúmulo de água.
4. Perda da função hídrica das nascentes, que secam e deixam de abastecer o sistema.

Conforme destacado no documento *Agro é Paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo*⁴, uma das soluções para a perda da cobertura vegetal no Brasil é a revegetação de APPs. No bioma Cerrado, estima-se que o passivo de APPs hídricas é cerca de 4 milhões de hectares. Nos próximos 10 anos, é possível a revegetação de 1 milhão de hectares, iniciando em áreas críticas, que já estão devidamente mapeadas e identificadas. Paralelamente, cria-se uma excelente oportunidade para possíveis pagamentos por serviços ambientais (a partir do reflorestamento de espécies nativas e o conseqüente aumento no sequestro de carbono). Essa ação minimizaria o risco de desabastecimento de água em áreas urbanas do bioma, com soluções definitivas. O atual conhecimento científico brasileiro possui capacidade de indicar quantas e

³ Disponível em: <<http://observatorioabc.com.br/>>.

⁴ Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/AgroePaz.pdf>>.

quais são as espécies nativas que devem ser plantadas na recuperação dessas áreas. Trata-se de um trabalho de médio para longo prazo e de ação estruturante para o Cerrado, evitando-se maiores perdas de água, garantindo a reativação das nascentes e o cumprimento do Código Florestal.

Referências

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; NASSAR, A.; HARFUCH, L.; FREITAS, S.; FARINELLI, B.; LUNDELL, M.; BACHION, I. C.; FERNANDES, C. M. **Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola brasileira**. [S.l.]: The World Bank, 2013. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/364151468237586291/Brasil-Impactos-das-Mudan%C3%A7as-Clim%C3%A1ticas-na-Produ%C3%A7%C3%A3o-Agr%C3%ADcola-Brasileira>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil**, Brasília, DF, 2016. 590 p.
- BRASIL. Secretaria de Assunto Estratégicos. **Brasil 2040 - Resumo Executivo**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <[http://www.agroicone.com.br/\\$res/arquivos/pdf/160727143013_BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf](http://www.agroicone.com.br/$res/arquivos/pdf/160727143013_BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf)>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- CAMARGO, A.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; PICINI, A. G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2018. (Séries Históricas). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- ITTERSUM, M. K. van; VRIES, S. de; OORT, P. A. J. van; GRASSINI, P. **Estimation of global yield gaps and implications from their analysis**. Colchester: International Fertilizer Society, 2016. 20 p.
- MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, v. 28, n. 7, p. 893-904, 15 jun. 2008.
- PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.
- PLANO Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 1: estratégia geral: versão pós consulta pública. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <<http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/PNA-Volume1.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- RAY, D. K.; GERBER, J. S.; GRAHAM, MACDONALD, K.; WEST, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n. 5989, 2015.
- SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; BETTIOL, G. M.; LOPES, T. S. de S.; MARIN, F. R.; SILVA, S. C. da. **Zoneamento de riscos climáticos para o consórcio milho x capim-marandu no Estado de São Paulo**: períodos favoráveis para a implantação por município. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 40 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 97).
- SIGNORETTI, R. D. **Integração lavoura-pecuária-floresta**: agropecuária do futuro. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/27148/integracao-lavoura-pecuaria-floresta-agropecuaria-do-futuro.htm>>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- ZHAO, C.; LIU, B.; PIAO, S.; WANG, X.; LOBELL, D. B.; HUANG, Y.; HUANG, M.; YAO, Y.; BASSU, S.; CIAIS, P.; DURAND, J. L.; ELLIOTT, J.; EWERT, F.; JANSSENS, I. A.; LI, T.; LIN, E.; LIU, Q.; MARTRE, P.; MULLER, C.; PENG, S.; PEÑUELAS, J.; RUANE, A. C.; WALLACH, D.; WANG, T.; WU, D.; LIU, Z.; ZHU, Y.; ZHU, Z.; ASSENG, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

Capítulo 8

Potencialidades para expansão e diversificação agrícola sustentável do Cerrado

Daniel de Castro Victoria

Édson Luis Bolfe

Edson Eyji Sano

Eduardo Delgado Assad

Ricardo Guimarães Andrade

Daniel Pereira Guimarães

Elena Charlotte Landau

Introdução

O bioma Cerrado possui em torno de 29,5% da sua área total ocupada com pastagens plantadas, 11,7% com áreas agrícolas (culturas anuais e perenes) e 1,5% com silvicultura (Brasil, 2015). A expansão agrícola em curso gera a necessidade de fortalecimento de atividades de planejamento para uso sustentável dos recursos naturais, melhoria de infraestrutura, investimentos em pesquisa e crédito agrícola. Aspecto relevante nesse contexto é a análise das potencialidades agropecuárias associadas aos processos de intensificação e diversificação agrícola. Essa análise é favorecida quando são incorporados os fatores relacionados à sustentabilidade e ao planejamento estratégico das fronteiras agrícolas brasileiras.

A Aliança pelo Clima e Uso da Terra Consulting – Clua (CEA Consulting, 2016) destacou que a melhoria da sustentabilidade e produtividade de terras agrícolas e pastagens existentes no Cerrado passa pelo estímulo da intensificação sustentável de pastos, incorporação de práticas agrícolas de baixo carbono, expansão e adoção de outras práticas sustentáveis e apoio aos produtos da agricultura tradicional. Faleiro e Farias Neto (2008) destacaram que pesquisas envolvendo o bioma Cerrado são essenciais para subsidiar o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Temas como caracterização, conservação e uso da biodiversidade; uso e conservação do solo e da água; produção agropecuária e florestal; impactos dos sistemas de produção e estratégias de mitigação; commodities agrícolas e valoração socioambiental; biotecnologia, transgênicos e biossegurança; agroenergia; sistemas alternativos e diversificados para produção; agricultura familiar; agricultura de precisão, zoneamento agroambiental e modelagem; e políticas públicas e perspectiva mundial para as savanas são de grande

relevância para o desenvolvimento da região. Dessa forma, o presente capítulo objetiva analisar diferentes bases de dados geoespaciais envolvendo o diagnóstico de uso e cobertura da terra, pastagens e irrigação, indicando potencialidades de expansão baseadas na intensificação e diversificação agrícola do Cerrado.

Diagnóstico de uso e cobertura da terra

O primeiro mapeamento completo do uso e cobertura da terra do bioma Cerrado em escala de semidetalhe foi coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a partir do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio). Utilizando imagens do satélite Landsat-7, com 30 m de resolução espacial, foi executado o levantamento da cobertura vegetal e antrópica para o ano de 2002 (Sano et al., 2008, 2010). Os autores identificaram que 60,5% do bioma (130,9 milhões de hectares) apresentou cobertura vegetal natural e 38,9% (79,8 milhões de hectares) apresentavam cobertura antrópica. As pastagens plantadas ocupavam 54,1 milhões de hectares e representavam a maior parte das terras antropizadas (aproximadamente 68%), enquanto as culturas agrícolas ocupavam 21,6 milhões de hectares (27% da área antropizada) (Sano et al., 2010). Também foi constatada a distribuição heterogênea da ocupação das terras no Cerrado, onde os estados na porção sul do bioma apresentavam os menores percentuais de áreas naturais: São Paulo, com 13%; Paraná, com 32%; e Mato Grosso do Sul, com 32%; comparados aos da porção mais ao norte do bioma: Piauí, com 92%; Maranhão, com 89%; e Tocantins, com 79%.

Ao longo dos anos, outras iniciativas de mapeamento do uso e cobertura das terras do Cerrado foram realizadas. O Projeto de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDDBS), conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), identificou que 49% do Cerrado apresentou algum tipo de cobertura antrópica no ano de 2010 (Ibama, 2010). Resultado semelhante foi obtido pelo projeto MapBiomas: 49,6% de áreas ocupadas por agropecuária em 2010 (MapBiomas, 2017). Já Beuchle et al. (2015), a partir de análise de dados de sensores remotos por meio de amostragem sistemática, reportaram 53% de antropização em 2010.

Em 2015, o MMA coordenou outro projeto de mapeamento do Cerrado, intitulado TerraClass Cerrado 2013. A partir de análise de imagens do satélite Landsat-8, foi realizado o mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado para o ano de 2013 (Figura 1). O projeto envolveu uma equipe multi-institucional, obtendo-se resultados com elevada acurácia, considerando-se a dimensão e complexidade da área (Brasil, 2015; Scaramuzza et al., 2017). Os resultados obtidos mostraram que o bioma possui aproximadamente 54% de sua área com cobertura natural e 43% de áreas antropizadas e que a pastagem plantada continua sendo o principal tipo de uso antrópico (Tabela 1), com percentuais semelhantes ao encontrado no ano de 2002 pelo Probio. A distribuição espacial das áreas antropizadas também se mostrou semelhante aos resultados encontrados pelo Probio, com menor percentual de áreas naturais

Tabela 1. Área e porcentual de classes de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado em 2013.

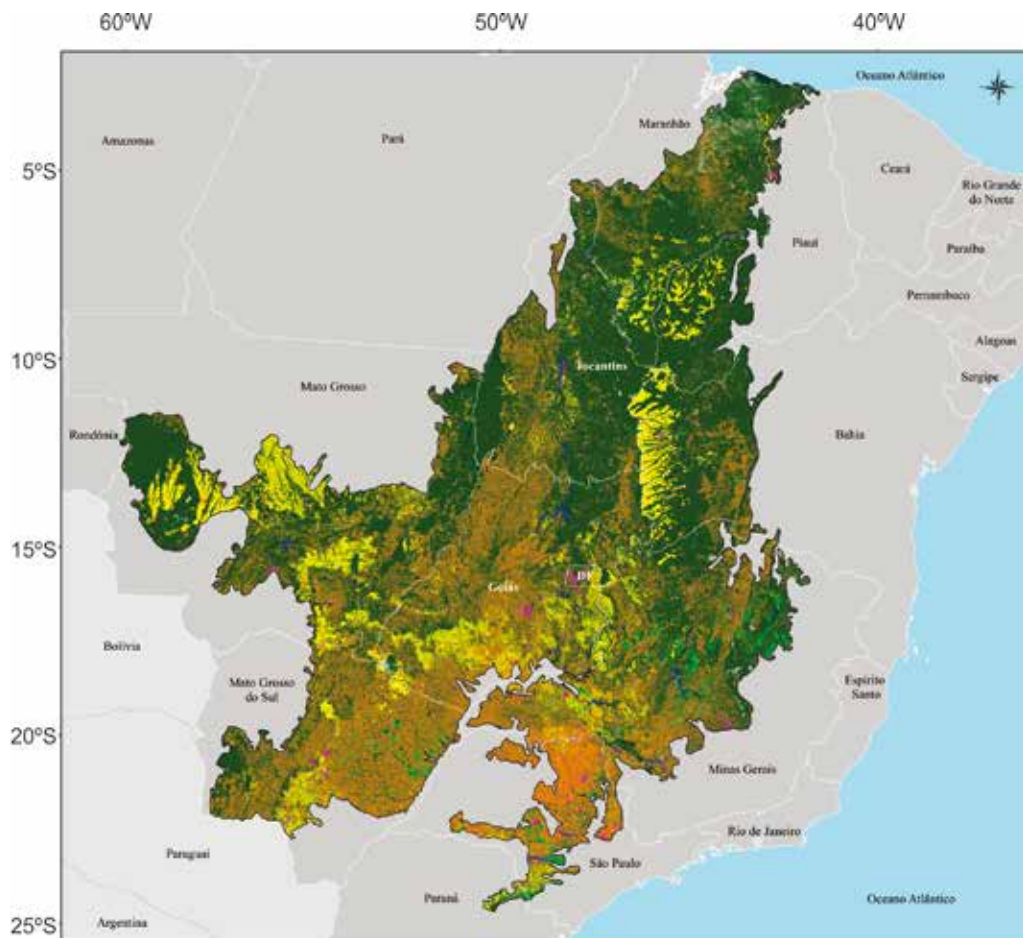
Macroclasse	Classe	Área (ha)	(%) no bioma	(%) da área total antropizada
Antrópico	Pastagem cultivada	60.084.000	29,5	67,9
	Cultura anual	17.417.900	8,5	19,7
	Cultura perene	6.423.700	3,2	7,3
	Silvicultura	3.060.700	1,5	3,5
	Área urbana	885.200	0,4	1,0
	Solo exposto	360.900	0,2	0,4
	Mosaico de ocupação	234.400	0,1	0,3
	Mineração	28.000	0,01	0,03
	Outros	7.300	-	0,01
	Subtotal		88.502.100	43,4
Natural	Vegetação natural	111.121.800	54,5	-
	Área natural não vegetada	263.000	0,1	-
	Subtotal		111.384.800	54,6
Outros	Corpos d'água	1.502.500	0,7	-
	Não observado	2.534.800	1,2	-
	Total		203.924.200	100

Fonte: Brasil (2015).

nos estados da porção sul do bioma: São Paulo, com 17%; Mato Grosso do Sul, com 31,4%; Paraná, com 37,7%; e maior na porção norte¹: Piauí, com 83,3%; Tocantins, com 72,1%; e Maranhão, com 71,4% (Tabela 2; Figura 2).

É possível identificar alguns padrões ao se analisar a relação entre a área do bioma Cerrado antropizada nas unidades federativas com o porcentual de pastagens plantadas ou agricultura anual (Figura 3). Os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso se destacam pela presença de grandes áreas antropizadas (acima de 14 milhões de hectares), sendo predominantemente (> 50%) ocupadas por pastagens plantadas. Esses mesmos estados apresentam 20% ou menos de suas áreas antropizadas ocupadas por culturas agrícolas anuais. Isso faz desses estados alvos potenciais para a intensificação agropecuária, uma vez que possuem grande estoque de áreas já ocupadas que, com o aumento das taxas de lotação pecuária, poderiam disponibilizar terras para a expansão da agricultura anual.

¹ O estado de Rondônia também apresenta elevado porcentual de vegetação nativa: 97,8%. Porém, por apresentar pequena área de Cerrado (50 mil hectares), o estado não foi considerado nesse ranking.



- Agricultura anual: áreas extensas de solo exposto ou vegetadas, apresentando geralmente monoculturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização.
- Agricultura perene: áreas extensas compostas por cultivo de única espécie de ciclo vegetativo de longa duração, permitindo colheitas sucessivas sem a necessidade de novos plantios após a colheita. Podem ser utilizadas técnicas de cultivo tradicional, orgânico ou cultivo de plantas modificadas geneticamente. Neste caso considerado para o mapeamento a cafeicultura (café), citricultura (citrus), canavieicultura (cana-de-açúcar) e heveicultura (seringueira).
- Corpo d'água: caracterizado por todas as classes de águas interiores e costeiras, lagos e reservatórios artificiais além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.
- Área urbana/mosaico de ocupações: áreas caracterizadas por manchas urbanas edificadas com predominância de construções, até pequenos distritos, lugarejos, vilas com pouca estrutura urbanística com concentração populacional diferenciadas da área rural/áreas representadas por associação de diversas modalidades de uso e ocupação do solo, como pequenas propriedades rurais com mosaico de pecuária e agricultura familiar, assentamentos, aldeias, galpões e indústrias localizadas em meio a manchas agrícolas.
- Natural/natural não vegetado: áreas com padrão de cobertura da terra compatíveis com as diferentes fitofisionomias que compõem o bioma Cerrado, ainda que apresenta, algum nível de alteração em relação à paisagem original, em função da presença de atividades produtivas pouco intensivas ou de subsistência, como as pastagens naturais/áreas não vegetadas como as praias fluviais, afloramentos rochosos e dunas.
- Mineração: áreas com presença de extração mineral, desflorestamentos, clareiras e incluindo toda a área modificada, inclusive os poços de rejeitos.
- Não observado/outros: abrangem as áreas que não foram observadas devido a presença de nuvens e sua respectiva sombra e áreas queimadas/áreas de outros usos não contemplados pelas demais classes temáticas, tais como segmentos de estradas e aeroportos.
- Pastagem: áreas formadas, prioritariamente, por plantio de forragens exóticas perenes. O solo é coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, com altura variando de alguns decímetros a alguns metros. A principal atividade desenvolvida sobre elas é a pecuária, visando à produção de animais de grande porte com objetivos econômicos.
- Silvicultura: áreas caracterizadas pelo plantio de única espécie florestal, como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., com talhões bem definidos, espaçamentos regulares e da mesma idade.
- Solo exposto: áreas caracterizadas pela predominância de solo exposto, cujo histórico recente de uso de terra não evidenciou a ocorrência de nenhuma das demais classes temáticas mapeadas.
- Limites estaduais
- Limites internacionais.

Figura 1. Uso e cobertura de terras do bioma Cerrado para o ano de 2013.

Fonte: Brasil (2015).

Tabela 2. Área (ha × 10.000) e percentual de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado por unidade da Federação do Brasil.

UF	PC	CA		SIL	AU	SE	MO	MI	NAT	NNV	AGUA	NOB	Total
		Anual	Perene										
MT	791,1	566,8	17,1	10,1	6,0	4,5	1,8	0,4	2.153,5	0,3	17,4	19,3	3.588
	22,0	15,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0	60,0	0	0,5	0,5	100
MG	1.187,6	187,8	124,2	145,2	19,8	4,7	1,4	1,0	1.597,1	2,3	35,9	30,2	3.337
	35,6	5,6	3,7	4,4	0,6	0,1	0	0	47,9	0,1	1,1	0,9	100
GO	1.397,7	349,2	94,0	15,3	17,9	2,9	2,3	0,8	1.375,2	1,4	30,0	9,5	3.296
	42,4	10,6	2,9	0,5	0,5	0,1	0,1	0	41,7	0	0,9	0,3	100
TO	547,7	71,8	3,6	8,0	3,8	5,7	1,0	0,1	1.826,4	1,8	28,3	33,6	2.532
	21,6	2,8	0,1	0,3	0,2	0,2	0	0	72,1	0,1	1,1	1,3	100
MS	1.218,1	133,4	47,8	54,7	6,1	2,1	7,0	0,1	679,2	0	4,5	6,9	2.160
	56,4	6,2	2,2	2,5	0,3	0,1	0,3	0	31,4	0	0,2	0,3	100
MA	337,4	74,8	6,2	9,5	3,7	1,9	2,5	0,2	1.514,9	9,3	12,2	148,2	2.121
	15,9	3,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0	71,4	0,4	0,6	7,0	100
BA	245,0	219,7	2,5	5,0	2,0	12,1	0,5	0	1.007,8	10,3	4,9	2,6	1.512
	16,2	14,5	0,2	0,3	0,1	0,8	0	0	66,6	0,7	0,3	0,2	100
PI	60,3	81,3	1,7	1,3	2,5	0,4	1,8	0	778,0	1,0	3,3	2,5	934
	6,5	8,7	0,2	0,1	0,3	0	0,2	0	83,3	0,1	0,4	0,3	100
SP	202,2	38,4	345,3	49,3	20,4	1,7	2,7	0,2	137,9	0	12,9	0,5	812
	24,9	4,7	42,6	6,1	2,5	0,2	0,3	0	17,0	0	1,6	0,1	100
DF	14,2	9,6	0	0,9	6,2	0	2,5	0	23,6	0	0,7	0,1	58
	24,6	16,6	0	1,6	10,7	0	4,3	0	40,8	0	1,2	0,2	100
PR	7,2	8,9	0	6,8	0,2	0,1	0	0	14,1	0	0,1	0	37
	19,3	23,8	0	18,2	0,5	0,3	0	0	37,7	0	0,3	0	100
RO	0,1	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	5
	2,2	0	0	0	0	0	0	0	97,8	0	0	0	100
Total	6.009	1.742	642	306	89	36	24	3	11.112	26	150	253	20.392
	29,5	8,5	3,2	1,5	0,4	0,2	0,1	0,0	54,5	0,1	0,7	1,2	100

UF = unidade federativa; PC = pastagem cultivada; CA = cultura agrícola; SIL = silvicultura; AU = área urbana; SE = solo exposto; MO = mosaico de ocupação; MI = mineração; NAT = vegetação natural; NNV = área natural não vegetada; AGUA = corpo d'água; NOB = não observado.

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

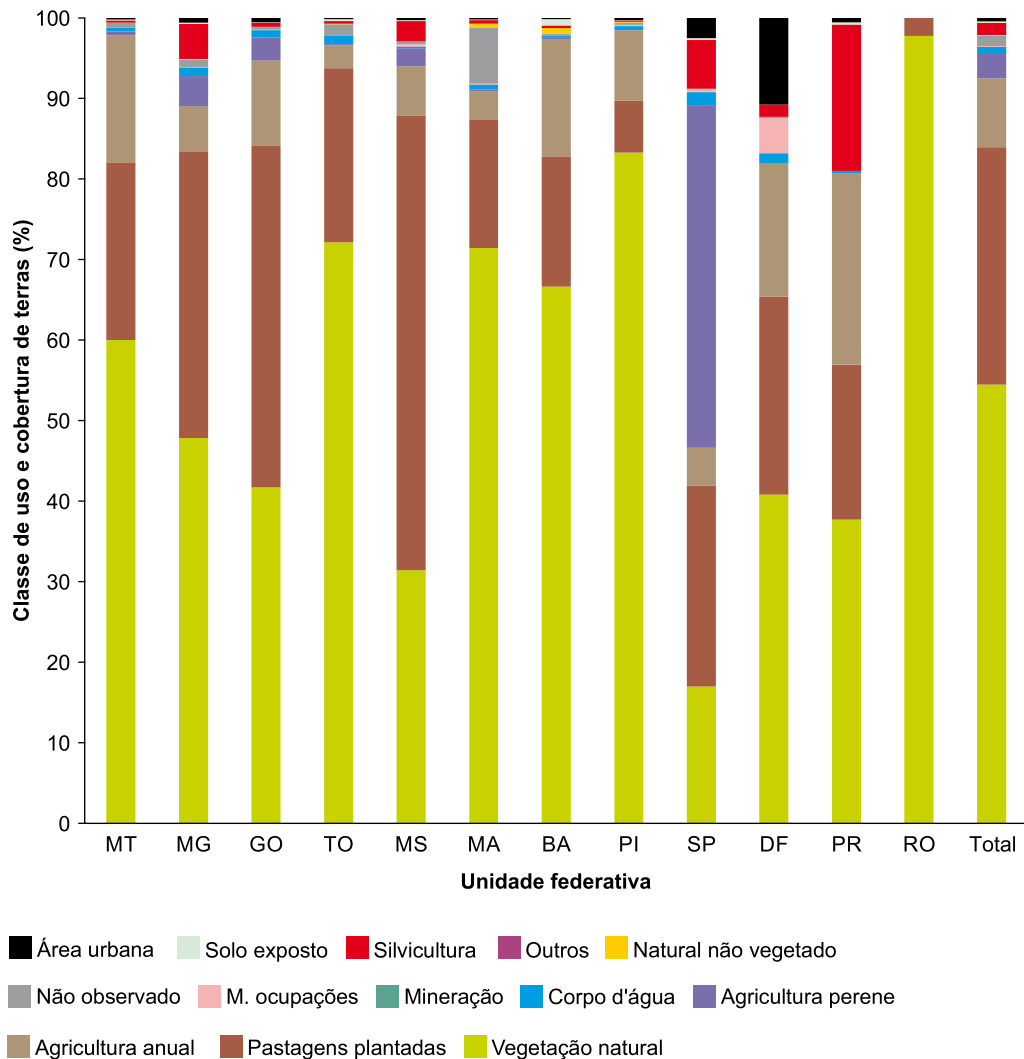


Figura 2. Distribuição das classes de uso e cobertura de terras no bioma Cerrado por unidade da Federação do Brasil.

Fonte: Adaptado de Brasil (2015).

Um segundo grupo, formado pelos estados de São Paulo, Tocantins, Maranhão e Bahia, apresentou menor quantidade de terras antropizadas dentro do bioma Cerrado. No caso do estado de São Paulo, isso ocorre, pois a área do bioma é menor em relação aos outros estados, apesar do elevado percentual de área antropizada, acima de 80%. Já nos estados de Tocantins, Maranhão e Bahia, a menor quantidade de área antropizada se deve ao fato de ainda existirem áreas naturais nessas regiões. Por sua vez, é interessante notar a grande discrepância entre o percentual de terras ocupadas com pastagens e agricultura anual nos estados de Tocantins e Maranhão e um equilíbrio na Bahia, indicando a predominância das pastagens nos dois primeiros e

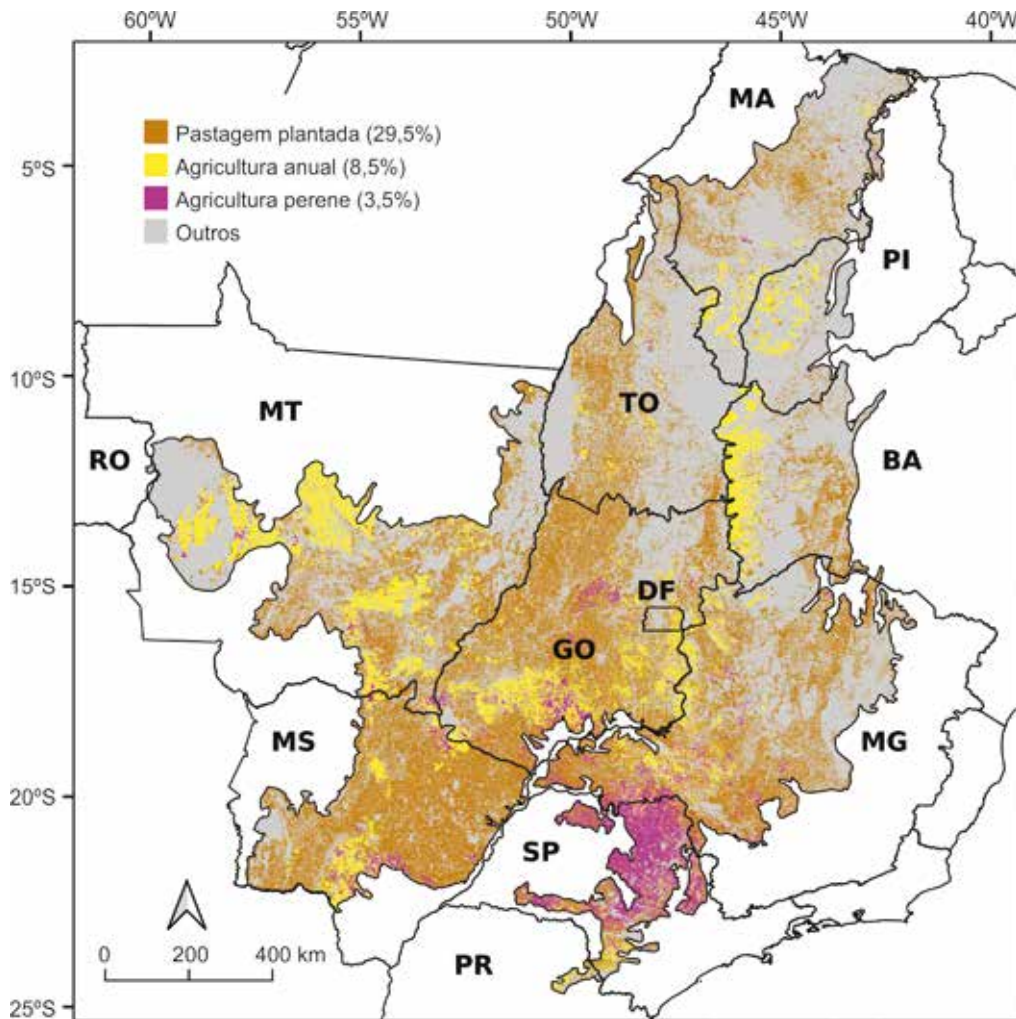


Figura 3. Distribuição de áreas antropizadas no Cerrado, no ano de 2013.

Fonte: Brasil (2015).

um potencial para expansão agrícola em terras ocupadas pela pecuária, sem a necessidade de conversão de áreas naturais. Já São Paulo se destaca por apresentar baixos percentuais de áreas antrópicas com pastagem ou agricultura anual. Nesse estado, a agricultura perene (principalmente a cana-de-açúcar) predomina em 52,3% da área antropizada (Figura 4).

Outros estados em que a área de agricultura perene apresenta percentual em torno de 2% a 3% são Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul. Isso é explicado pelas grandes extensões de plantios de café em Minas Gerais (10,4 milhões de hectares em 2013) (IBGE, 2016) e pela expansão das áreas de cana-de-açúcar. Entre 2003 e 2013, a área plantada com cana-de-açúcar nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais aumentou 433%, 412% e 196%, passando de 120 mil hectares para

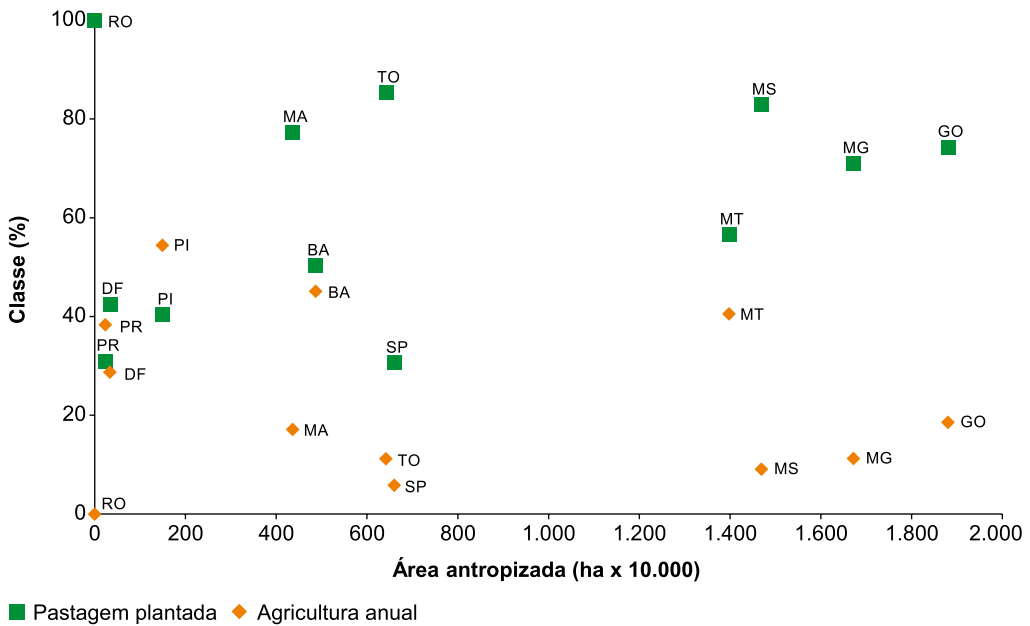


Figura 4. Porcentual de áreas de pastagem plantada e agricultura anual em relação ao total de área antropizada nas unidades federativas do bioma Cerrado.

642 mil hectares (Mato Grosso do Sul); de 168 mil hectares para 860 mil hectares (Goiás) e de 303 mil hectares para 896 mil hectares (Minas Gerais) (IBGE, 2016). Um terceiro grupo é representado pelos estados de Rondônia, Piauí, Distrito Federal e Paraná, que apresentam pequenas áreas de Cerrado dentro do estado, consequentemente, pequenas áreas antropizadas.

O uso da terra também pode ser analisado em relação ao percentual de área antropizada nas unidades federativas (Figura 5). Pode-se destacar São Paulo, que apresenta elevado percentual do Cerrado antropizado (> 80%), com áreas de pastagem plantada e agricultura anual próximas a 30% e 6%, respectivamente. Conforme descrito anteriormente, grande parte do Cerrado de São Paulo foi ocupada por culturas perenes (cana-de-açúcar, café, citros). Já o estado do Paraná apresenta elevada porcentagem de Cerrado antropizado (> 60%), em que pastagens plantadas e culturas agrícolas ocupam 31% e 38% dessa área, respectivamente. O destaque para esse estado fica ainda por conta da silvicultura, que ocupa aproximadamente 30% da área antrópica. Também é interessante ressaltar a posição do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Ambos apresentam elevada quantidade de terras antropizadas (> 14 milhões de hectares), porém, enquanto o Mato Grosso do Sul possui aproximadamente 70% de sua área de Cerrado convertida para outros usos, o Mato Grosso apresenta uma maior extensão de área conservada (~ 60% de cobertura natural; e ~ 40% de uso antrópico). Com isso, tem-se que, nos dois estados, existe um estoque grande de terras com pastagens que poderia ser alvo de expansão e intensificação da agricultura anual. Nessa proposta de intensificação da pecuária, uma alternativa que precisa ser levada

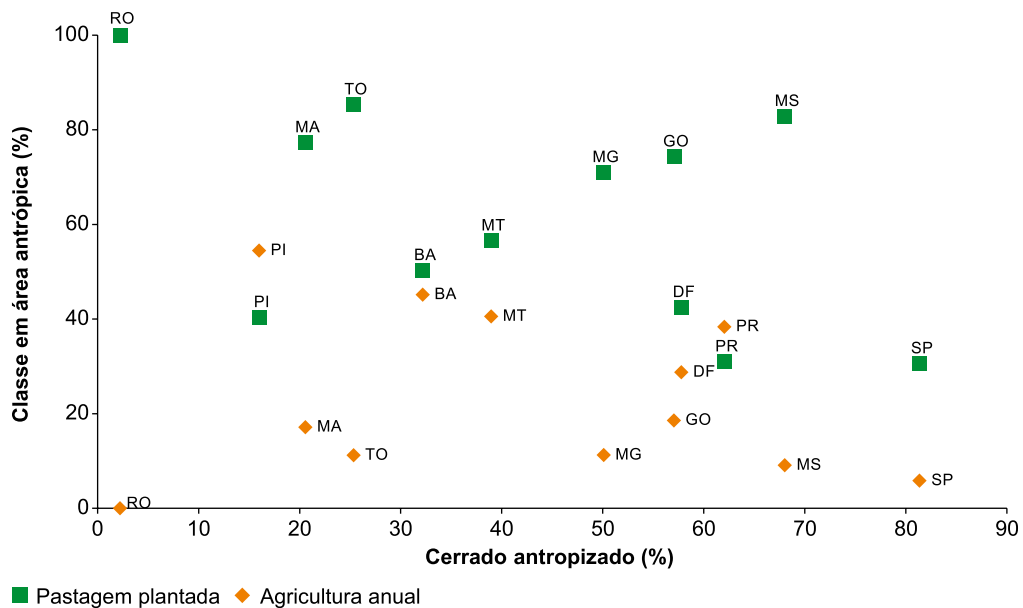


Figura 5. Percentual das áreas de pastagem plantada e agricultura anual em relação ao percentual do Cerrado antropizado nas unidades federativas do bioma Cerrado.

em consideração são os sistemas integrados de lavoura-pecuária que permitem que áreas com coberturas naturais sofram menor pressão para sua conversão.

Ao analisar as alterações que ocorreram entre o mapeamento realizado pelo Probio (ano de 2002) e TerraClass Cerrado (ano de 2013), percebe-se que 5,3 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Cerrado foram convertidas para agricultura anual e 1,1 milhão de hectares foi convertido para silvicultura (Sano et al., 2018). Também foi constatado que 19,1 milhões de hectares de áreas naturais foram convertidas para pastagens plantadas e 3,7 milhões de hectares para agricultura anual. Esses números indicam um aumento de aproximadamente 11% das áreas de pastagens plantadas e culturas anuais. A região do Matopiba (região geograficamente contínua que engloba parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e que vem se constituindo em uma nova fronteira agrícola do Cerrado) se destaca como sendo a que apresentou o maior aumento percentual de áreas com culturas agrícolas anuais: Maranhão (128%), Tocantins (328%), Piauí (286%) e Bahia (41%) (Sano et al., 2019).

Diagnóstico de degradação de pastagens

A identificação, o mapeamento e o monitoramento dos processos de degradação de pastagens no bioma Cerrado podem apoiar políticas públicas voltadas para a recuperação do potencial produtivo de uso dessas terras. Andrade et al. (2016) utilizaram dados do índice de vegetação por diferença normalizada (*NDVI*, síntese de 10 dias)

provenientes de imagens do satélite SPOT Vegetation do período de janeiro de 2006 a setembro de 2011 para identificar processos de degradação em áreas de pastagens plantadas no bioma Cerrado. As análises foram realizadas nas áreas de pastagens plantadas mapeadas por Sano et al. (2008). As imagens foram obtidas na base de dados disponível no sistema Vito². Os dados originais de *NDVI* em níveis de cinza (1 km de resolução espacial) são disponibilizados na escala de 0 a 255. Para converter os valores de *NDVI* no intervalo de -1 a +1, aplicou-se a seguinte equação (Liu et al., 2010):

$$NDVI = (DN \times 0,004) - 0,1 \quad (1)$$

em que *DN* é o número digital de cada pixel da imagem.

Essa conversão é necessária para poder analisar os valores de *NDVI* como uma grandeza física e assim poder comparar os dados entre si ao longo da série temporal.

A partir da série temporal de dados *NDVI*, a análise de regressão linear, mais especificamente, o *Slope*, foi utilizada para simular a tendência de alterações positivas ou negativas em áreas de pastagens. *Slope* corresponde ao coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel:

$$Slope = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Y_{NDVI_i} - \overline{Y_{NDVI}})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

em que: *n* é igual a 6, graças à utilização de uma série de 6 anos de dados *NDVI* (2006 a 2011); *i* representa o ano 1 para 2006, ano 2 para 2007 até o ano 6 para 2011; Y_{NDVI_i} é o valor máximo do *NDVI* no ano *i*.

O *Slope* foi utilizado para avaliar a mudança do *NDVI* ao longo da série como um todo. Valores positivos de *Slope* indicam que a vegetação pode estar em processo de recuperação, enquanto valores negativos de *Slope* podem indicar ocorrência de processo de degradação. Andrade et al. (2016) estipularam três cenários condicionais (Tabela 3; Figura 6) para determinar a existência de indicativos de degradação das pastagens: cenário A = muito otimista ($Slope < -0,001$); cenário B = otimista ($-0,001 < Slope < +0,001$); e cenário C = realista ($+0,001 < Slope < +0,005$). No cenário A (pastagens com algum grau de degradação), foram encontrados 12,5 milhões de hectares (24% do total das pastagens plantadas no Cerrado). No cenário B (cenário A adicionando o intervalo de *Slope* referente à estabilidade, ou seja, maior parte das pastagens em situação estável dentro de alguma condição de degradação), a área total de pastagens com indicativos de degradação subiu para 18,4 milhões de

² Vito. Vision on Technology. Disponível em: <<http://www.vito-eodata.be/PDF/portal/Application.html#Home>>.

Tabela 3. Estimativa de áreas com pastagens degradadas em unidades federativas (UF) do bioma Cerrado, considerando-se três cenários: 1 (muito otimista), 2 (otimista) e 3 (realista).

Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
UF	Pastagem degradada		UF	Pastagem degradada		UF	Pastagem degradada	
	Milhões de hectares	(%)		Milhões de hectares	(%)		Milhões de hectares	(%)
BA	0,55	25	BA	0,85	39	BA	1,55	71
DF	0,03	26	DF	0,04	37	DF	0,07	60
GO	3,46	27	GO	5,25	42	GO	8,80	70
MA	0,36	21	MA	0,66	37	MA	1,30	74
MG	2,05	18	MG	3,05	26	MG	5,82	50
MS	2,86	25	MS	3,98	35	MS	6,52	58
MT	2,04	32	MT	2,77	44	MT	4,25	67
PI	0,18	38	PI	0,24	48	PI	0,34	68
PR	0,02	19	PR	0,03	28	PR	0,05	51
SP	0,40	16	SP	0,58	23	SP	1,09	42
TO	0,53	13	TO	0,94	22	TO	2,13	51
Total	12,49	24	Total	18,37	35	Total	31,93	60

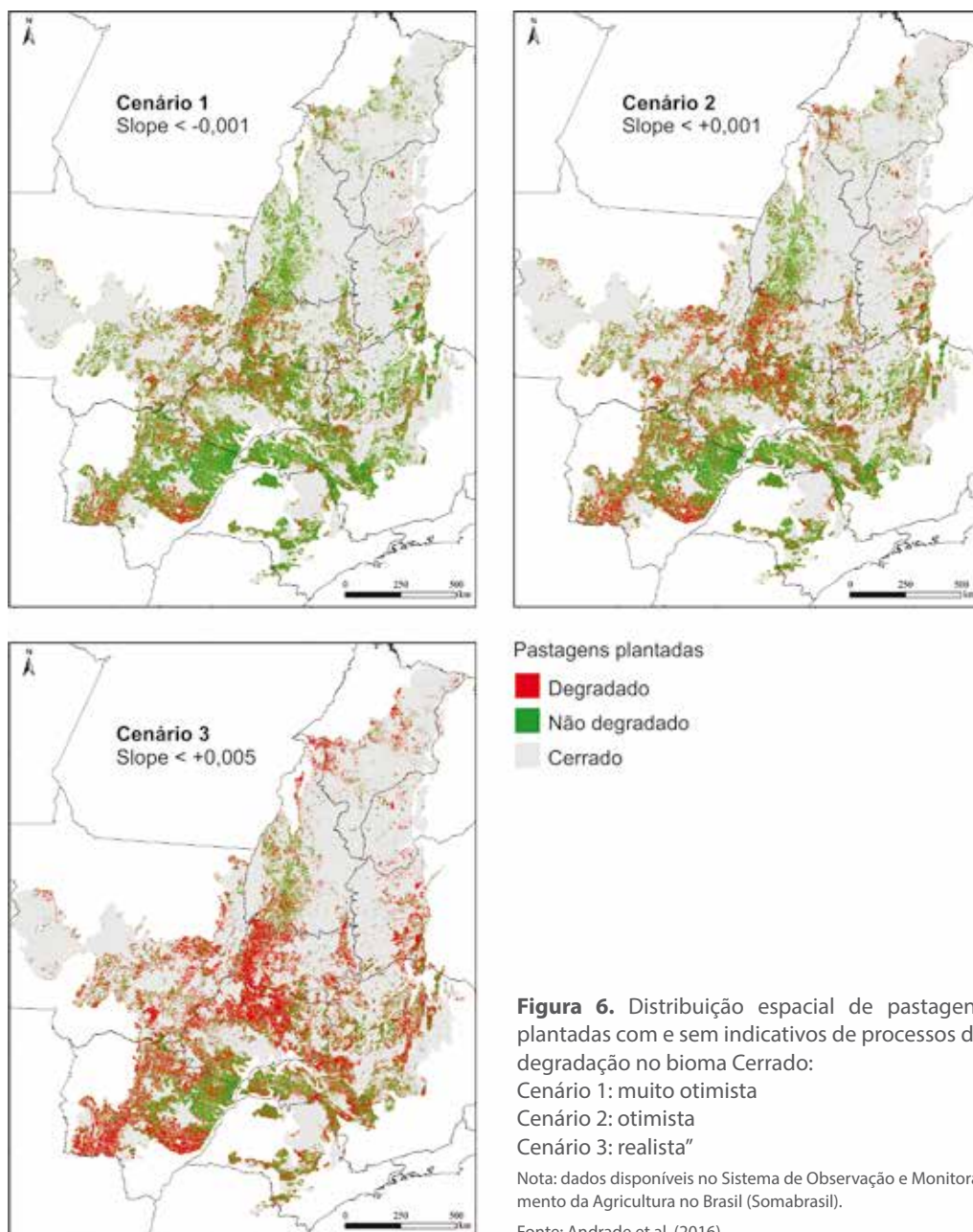
Fonte: Andrade et al. (2016).

hectares (35%), um valor menor que aqueles estimados até então por estudos anteriores. No cenário C (Cenário B adicionando o intervalo relativo à ligeira melhora no vigor, mas não o suficiente para sustentar a tendência de melhoria da cobertura vegetal), foram identificados em torno de 32 milhões de hectares de pastagens degradadas (60% das pastagens plantadas no Cerrado).

Vale ressaltar que cerca de 80% da área de pastagens degradadas no bioma Cerrado estão concentradas nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Ao considerar o cenário B em análise na escala por municípios com mais de 10 mil hectares de pastagens plantadas no bioma Cerrado, Andrade et al. (2017) obtiveram mapas de porcentagem de pastagem plantada em relação à área total do município (Figura 7), de porcentagem de área de pastagem plantada degradada em relação à área total do município (Figura 8) e de porcentagem de área com pastagens plantadas que apresentam indicativos de degradação em relação à área total de pastagem plantada em cada município (Figura 9).

Muitos municípios estão representados em porcentagens de classes em tons de verde (Figuras 7 e 8), principalmente na maior parte dos municípios do estado de Mato Grosso e região do Matopiba (região contínua que engloba a região sul do



Maranhão, Tocantins, sul do Piauí e oeste da Bahia). Os municípios de Mato Grosso possuem maior área territorial, e parte significativa de seu território é destinada a outros usos como os de culturas agrícolas anuais (soja, milho, algodão e outras) (Brown et al., 2013). No que se refere à região de Matopiba, uma das explicações pode estar no fato de os municípios terem economia mais fundamentada na produção de grãos e fibras e, conseqüentemente, de maior uso do território.

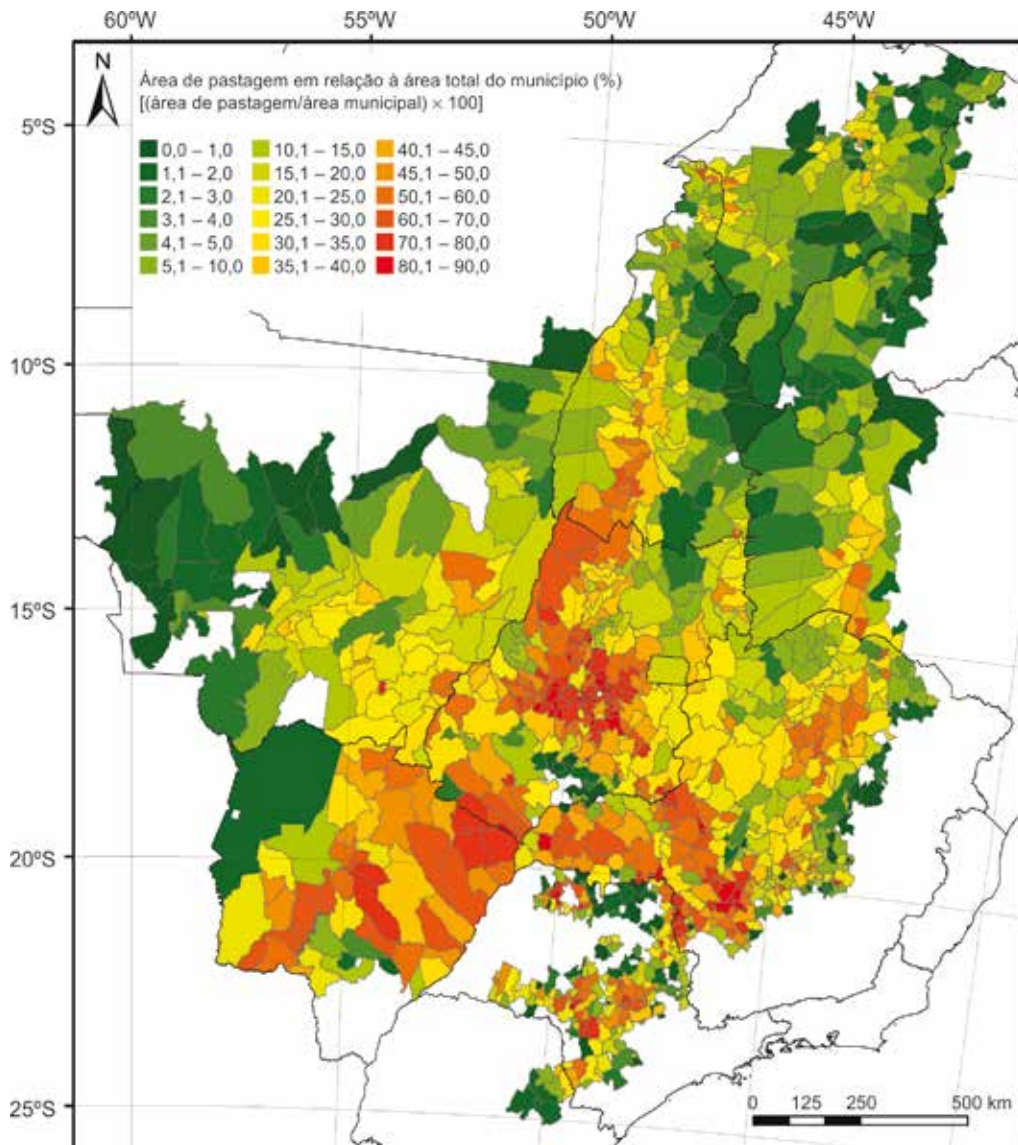


Figura 7. Porcentagem de área de pastagem cultivada ou plantada em relação à área total do município no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

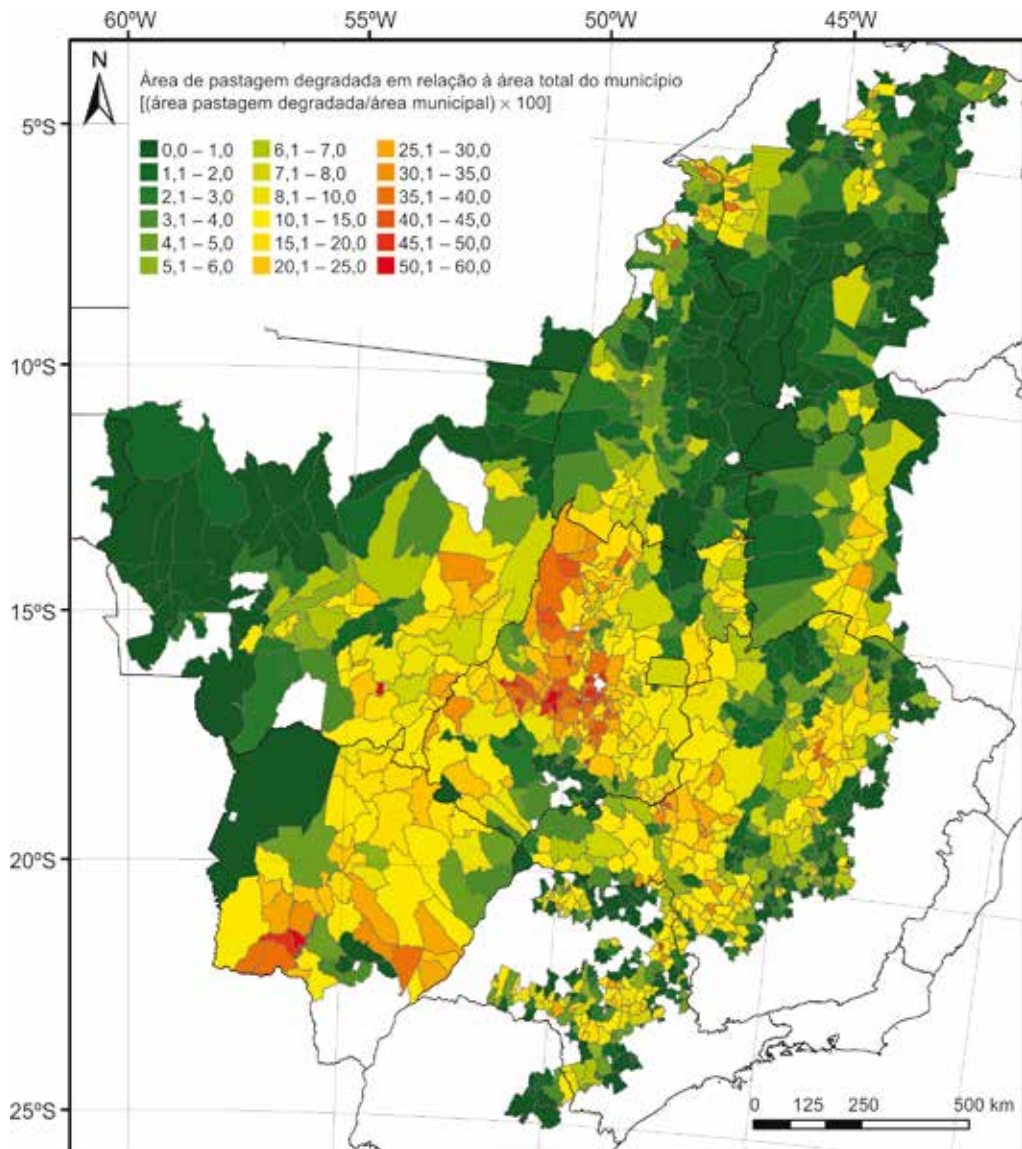


Figura 8. Porcentagem de área com pastagem plantada e com indicativos de degradação em relação à área total dos municípios no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

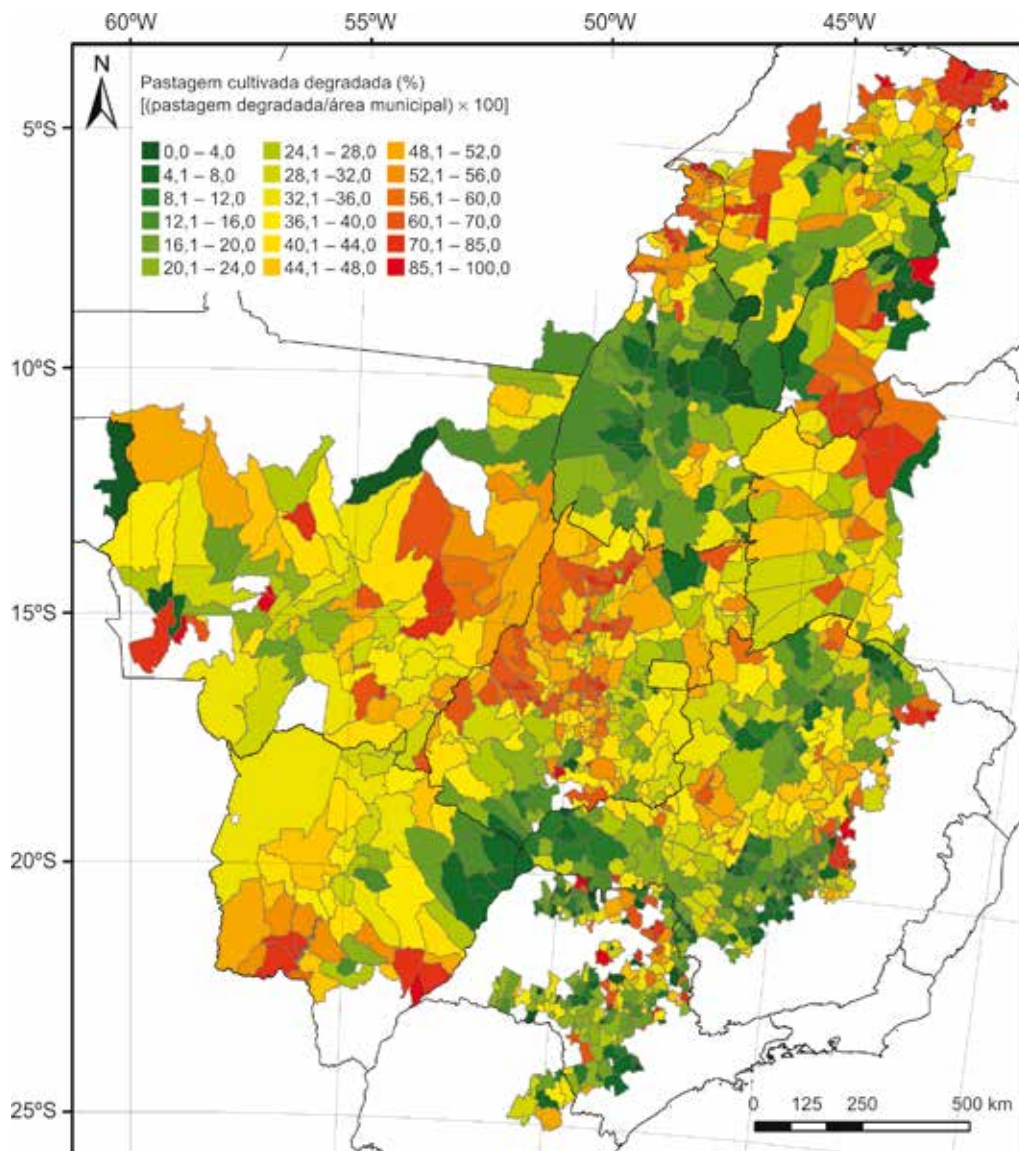


Figura 9. Mapa de porcentagem de área com pastagens cultivadas ou plantadas que apresentam indicativos de degradação em relação à área total de pastagem cultivada em cada município, no bioma Cerrado.

Fonte: Andrade et al. (2017).

Na Figura 8, nota-se que os municípios das regiões oeste, central, noroeste e norte de Goiás se destacam por apresentar indicativos de degradação de pastagens em mais de 35% da área total do município, conforme representado nas classes em tons de laranja a vermelho. Ressaltam-se também as classes que variam de 8% (amarelo) a 25% (laranja-claro) e que abrange boa parte dos municípios de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Uma análise global entre os mapas das Figuras 7 e 8 indica que há maior porcentagem de indicativos de degradação em municípios que possuem mais pastagens plantadas em seu território. Destacam-se os municípios da região central de Goiás, os quais possuem mais de 50% do seu território com pastagens plantadas. Além disso, são notórias as porcentagens acima de 40% em regiões sul e noroeste de Goiás, na maior parte dos municípios de Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, centro-oeste de Minas Gerais e em parte dos municípios do norte de Minas Gerais. Nessas regiões, há indicativos de degradação em mais de 10% das áreas de pastagens plantadas, podendo chegar a valores superiores a 30% em alguns dos municípios.

Há indicativos de degradação em mais de 50% (tons em vermelho) da área total de pastagens plantadas em vários municípios das regiões oeste, centro, noroeste e norte de Goiás, nordeste de Mato Grosso, sudoeste de Mato Grosso do Sul e alguns municípios do Matopiba (Figura 9). Além disso, porcentagens acima de 50% também foram observadas para alguns municípios de Minas Gerais e São Paulo, no entanto, de forma menos concentrada por região. Em um total de 806 municípios avaliados, 173 municípios apresentaram indicativos de degradação em mais de 50% das áreas de pastagens plantadas. Vale ressaltar também que classes de indicativos de degradação entre 20% e 40% das pastagens cultivadas por município foram observadas de forma dispersa no bioma Cerrado. Já as classes em tons de verde (menos de 10% de indicativos de degradação) concentraram-se na porção oeste de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e nos municípios da região do Matopiba.

Em geral, as elevadas porcentagens de áreas de pastagens plantadas com indicativos de degradação podem ter, como uma das justificativas, os indícios de tendência de queda nos índices de produtividade, ou seja, um processo evolutivo de perda de vigor e de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais (Macedo, 1995). Assim, o contínuo empobrecimento dos solos das áreas de pastagens tem levado a processos de degradação em que se busca substituição de espécies introduzidas (*Brachiaria*, por exemplo) por espécies menos exigentes em fertilidade do solo e manejo do pastejo, como a grama-mato-grosso (*Paspalum notatum* Flügge) e até mesmo capim-barbade-bode (*Cyperus compressus*), em uma etapa mais avançada de degradação (Moraes et al., 1995). Vale lembrar que nem sempre a presença de invasoras é um sinal de declínio da fertilidade do solo, em que algumas dessas espécies invasoras podem ser favorecidas pela adubação ou pela condição de melhor fertilidade do solo. Nesse caso, seria mais um reflexo do manejo inadequado, como o subpastejo (Dias-Filho, 1990).

Outro ponto importante é que o pastejo adequado deve ser entendido como a possibilidade de alterar as taxas de lotação, de modo a sincronizá-las com a capacidade de suporte das pastagens, proporcionando maior produtividade, sem comprometimento de sua persistência. O superpastejo, causado por altas taxas de lotação e que promove decréscimos na quantidade de forragem produzida, com consequentes decréscimos na produção animal, é outro fator que contribui para a degradação das pastagens (Zimmer; Corrêa, 1993; Euclides, 1994).

De forma geral, a recuperação de pastagens contribui para reduzir a pressão pela abertura de novas fronteiras para a expansão da agricultura e pecuária, por exemplo, em áreas de floresta nativa. O combate à degradação também auxilia na redução da emissão de gases de efeito estufa. Em pastos recuperados, é possível alcançar maior produtividade e menor emissão por animal, tornando a pecuária uma atividade economicamente mais rentável e ambientalmente mais eficiente. Destaca-se ainda que a degradação das pastagens tem características diferentes em cada bioma. No Cerrado, é caracterizada, por exemplo, pela perda de produtividade em razão da pouca oferta de água e de nutrientes. Diante das dimensões territoriais e das diferenças regionais, o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto aplicado em diferentes escalas, é a estratégia adequada para obter informações de inteligência territorial que possam auxiliar na tomada de decisões voltadas para implementação de políticas públicas em larga escala.

Diagnóstico de irrigação por pivôs centrais

A irrigação é uma prática utilizada para suprir a necessidade de água das culturas agrícolas, caso a precipitação não atenda a demanda (Setti et al., 2001). A irrigação permite aumentar a produtividade, o período anual de plantio (Guimarães; Landau, 2014) e a produção em áreas de precipitação insuficiente. Para as culturas de milho e soja, são estimados ganhos de produtividade da ordem de 57% e 60%, respectivamente. Além disso, em muitas regiões, a irrigação possibilita a produção de três cultivos ao longo do ano (Silveira, 2011).

A área irrigada representa 18% da agricultura no Brasil e responde por aproximadamente 42% da produção total de alimentos (Christofidis, 2006). Dados preliminares do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017) indicam que, no Brasil, 505.503 estabelecimentos agropecuários utilizam algum sistema de irrigação, o que representa 9,97% do total de estabelecimentos agropecuários. Os cinco estados com o maior número de estabelecimentos que fazem uso da irrigação são Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco e São Paulo (Tabela 4). No bioma Cerrado, as regiões com maior número de estabelecimentos com uso da irrigação são o Distrito Federal e seu entorno, e alguns municípios em Minas Gerais e oeste da Bahia (Figura 10).

Apesar de identificar o número de estabelecimentos com uso de diferentes sistemas de irrigação, os dados do Censo Agropecuário não incluem coordenadas geográficas de localização, não permitindo gerar mapas precisos de áreas irrigadas. Dessa forma,

Tabela 4. Número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação nas unidades da federação, número total de estabelecimentos e porcentual dos estabelecimentos com uso de irrigação.

Unidade federativa	Nº de estabelecimentos agropecuários	Nº de estabelecimentos com irrigação	Estabelecimentos com uso de irrigação (%)
Bahia	762.620	94.597	12,40
Minas Gerais	607.448	64.929	10,69
Espírito Santo	108.010	46.834	43,36
Pernambuco	281.675	39.586	14,05
São Paulo	188.643	33.710	17,87
Ceará	394.317	29.773	7,55
Rio Grande do Sul	365.052	26.450	7,25
Paraíba	163.217	19.284	11,81
Rio de Janeiro	65.157	16.660	25,57
Paraná	305.115	16.659	5,46
Santa Catarina	183.065	16.261	8,88
Piauí	245.623	15.032	6,12
Pará	281.704	14.493	5,14
Rio Grande do Norte	63.411	9.581	15,11
Rondônia	91.437	8.502	9,30
Sergipe	93.333	8.461	9,07
Goiás	152.089	8.218	5,40
Maranhão	219.765	7.409	3,37
Alagoas	98.534	6.226	6,32
Amazonas	80.914	5.841	7,22
Mato Grosso	118.676	4.808	4,05
Distrito Federal	5.246	2.733	52,10
Mato Grosso do Sul	70.710	2.587	3,66
Tocantins	63.691	2.308	3,62
Roraima	16.850	2.003	11,89
Amapá	8.507	1.425	16,75
Acre	37.343	1.133	3,03
Brasil	5.072.152	505.503	9,97

Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

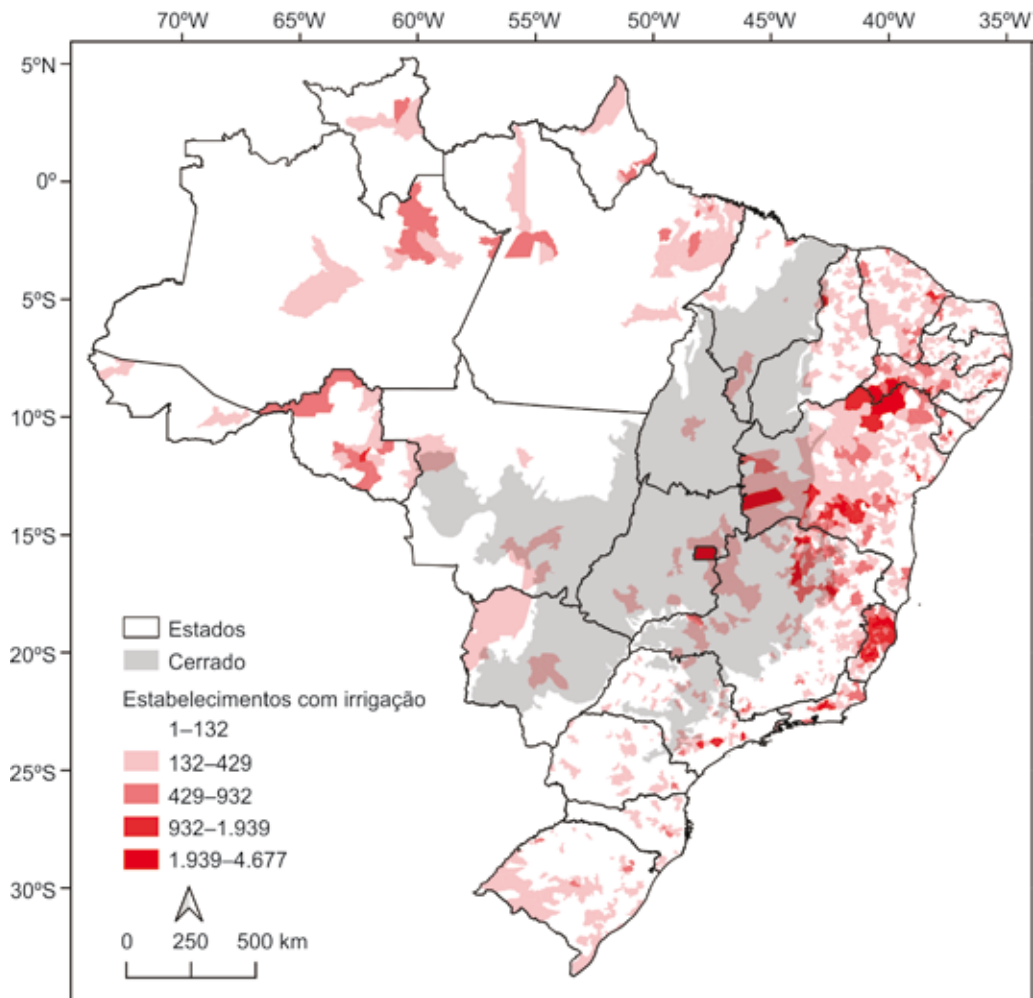


Figura 10. Número de estabelecimentos agropecuários com irrigação nos municípios brasileiros.

Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

Guimarães e Landau (2014) realizaram o mapeamento nacional dos sistemas de irrigação por pivôs centrais a partir de imagens de satélites com resolução espacial de 30 m ou superior para os anos de 2013, 2014 e 2016. Para o bioma Cerrado, a área irrigada por pivôs centrais passou de 919.278 ha em 2013 para 1.150.488 ha em 2016, um aumento de 25,15% (Tabela 5). Os estados que apresentaram maior número de pivôs e área irrigada foram Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo. Já os estados com os maiores aumentos em área irrigada, em termos percentuais, entre 2013 e 2016, foram Piauí, Mato Grosso, Bahia e Tocantins (desconsiderou-se o estado do Maranhão, por não apresentar sistemas de pivôs centrais mapeados em 2013).

Os produtos gerados por Guimarães e Landau (2014) e Landau et al. (2015) permitem identificar com precisão a localização de cada sistema de irrigação (Figura 11),

Tabela 5. Quantidade e área irrigada (ha) por pivôs centrais no bioma Cerrado, por unidade federativa (UF), nos anos de 2013, 2014 e 2016 e crescimento da área irrigada nos períodos 2013–2016 e 2014–2016.

UF	2013			2014			2016			Crescimento em área (%) (2013–2016)	Crescimento em área (%) (2014–2016)
	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)			
MG	5.116	346.683	5.822	385.097	6.768	431.240	6.768	431.240	24,39	11,98	
GO	2.806	205.820	3.250	228.337	3.705	252.656	3.705	252.656	22,76	10,65	
BA	1.361	135.316	1.397	143.020	1.705	177.473	1.705	177.473	31,15	24,09	
SP	2.703	123.505	2.982	131.686	3.126	139.744	3.126	139.744	13,15	6,12	
MT	464	55.960	559	67.303	686	82.842	686	82.842	48,04	23,09	
MS	252	27.786	212	22.800	298	31.274	298	31.274	12,55	37,17	
DF	212	12.897	225	13.479	248	13.987	248	13.987	8,45	3,77	
TO	111	10.540	118	10.904	141	13.122	141	13.122	24,49	20,34	
MA	0	0	63	4.309	86	6.131	86	6.131	-	42,29	
PI	14	780	18	860	29	2.018	29	2.018	158,78	134,66	
Total	13.039	919.287	14.646	1.007.794	16.792	1.150.488	16.792	1.150.488	25,15	14,16	

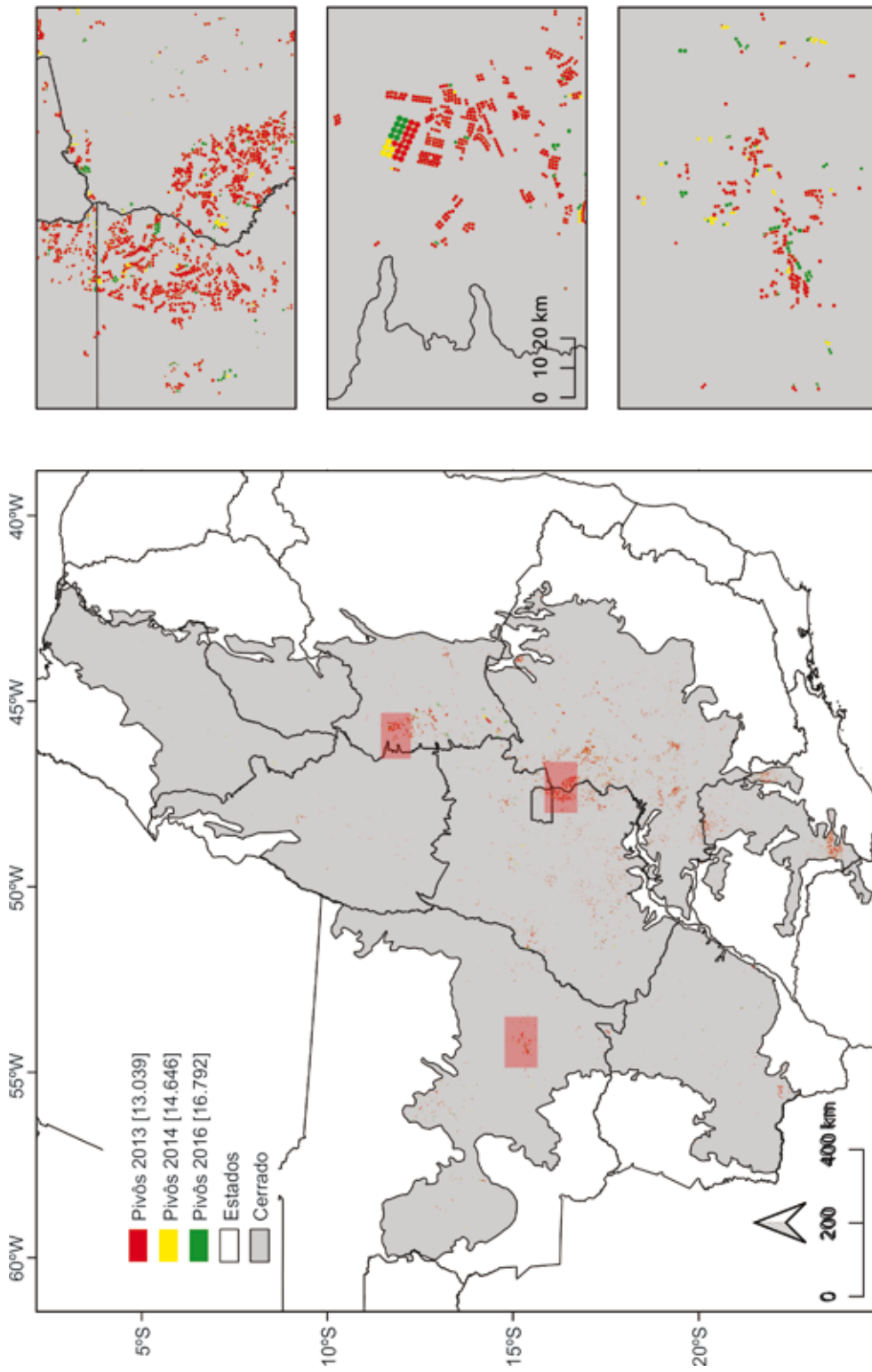


Figura 11. Mapeamento dos sistemas de irrigação por pivô central no bioma Cerrado, para os anos de 2013, 2014 e 2016, com destaque para as regiões do Distrito Federal, oeste da Bahia e Mato Grosso.

Fonte: Adaptado de Guimarães e Landau (2014).

possibilitando análises detalhadas da expansão da irrigação, das bacias hidrográficas mais demandadas e da concentração dos sistemas em determinadas regiões, dentre outras análises. É possível observar a grande concentração de pivôs no entorno do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais, na cabeceira da bacia do Rio São Francisco.

A partir do levantamento dos pivôs centrais do bioma Cerrado em 2017, Guimarães e Landau (2014) verificaram que mais de um terço da área ocupada por pivôs centrais concentra-se no estado de Minas Gerais (36,26%, 442.386 ha, 198 pivôs); 22,24% em Goiás (271.314,14 ha, 153 pivôs); 13,55% na Bahia (165.275 ha, 27 pivôs); 13,46% em São Paulo (121.440,65 ha, 122 pivôs); 9,00% no Mato Grosso (109.805 ha, 43 pivôs); 2,49% no Mato Grosso do Sul (30.442 ha, 33 pivôs); e os 3% restantes (36.644 ha) entre o Distrito Federal, Tocantins, Maranhão e Piauí (Figura 12).

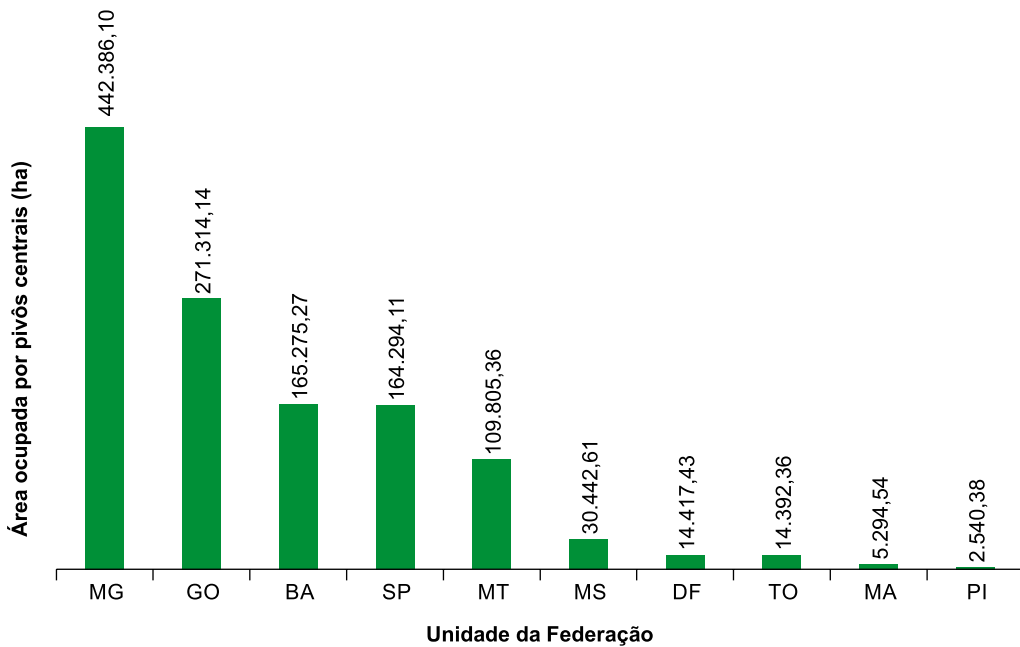


Figura 12. Área ocupada por pivôs centrais no bioma Cerrado em 2017 por unidade da Federação do Brasil.

Guimarães e Landau (2014) também analisaram a variação temporal das áreas dos pivôs centrais do bioma Cerrado com plantios em 2017, a partir de padrões observados em 46 imagens de 2017, obtidas a cada 8 dias pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo das plataformas Terra e Aqua. Nas seis unidades federativas que concentraram 97% da área do Cerrado com pivôs centrais, verificou-se a predominância de plantios sob pivôs nos meses de chuva e até maio/junho, primeiros meses após início do período de estiagem, e, na maioria dos estados, menos do que 20% das áreas de pivôs com plantios entre agosto e outubro, final da época de estiagem (Figura 13).

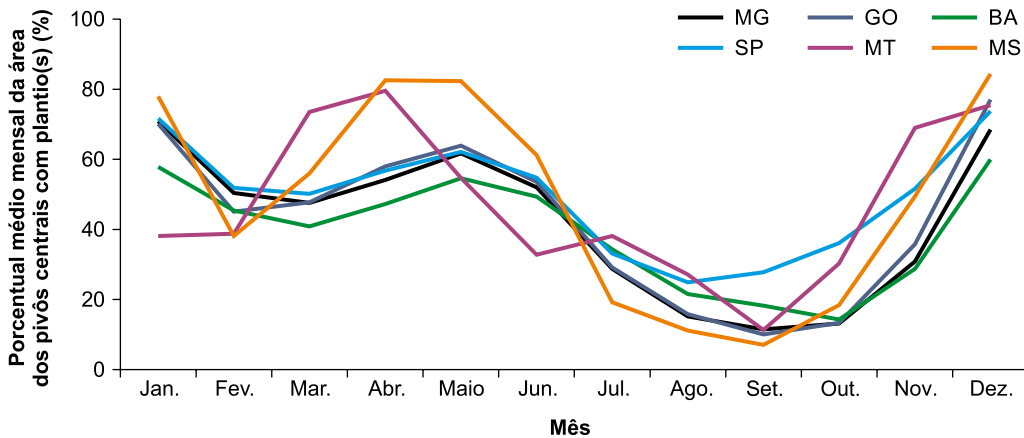


Figura 13. Variação da área relativa média mensal dos pivôs centrais com plantios em 2017 por unidade da Federação do Brasil.

Potencial de expansão agrícola

Em 2013, 43% do bioma Cerrado (88,5 milhões de hectares) apresentou uso antrópico, em que as pastagens plantadas ocupavam a maior área (60 milhões de hectares), correspondente a aproximadamente 68% da área antropizada (Brasil, 2015). Tal área é mais de três vezes superior à área destinada à agricultura anual (17,4 milhões de hectares) e apresenta diferentes níveis de intensificação pecuária e degradação de pastagens (Andrade et al., 2017). As áreas com pastagem plantada podem apresentar aptidão para o estabelecimento de agricultura anual que, juntamente com a melhora das condições das pastagens e intensificação pecuária – a exemplo da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) –, poderia significar o aumento da produção agropecuária do Cerrado, sem a necessidade de conversão de novas áreas naturais.

Com o intuito de avaliar o potencial de expansão da agricultura no Cerrado, Victoria et al. (2017) avaliaram as características climáticas e de declividade das áreas ocupadas por agricultura anual e identificaram as pastagens plantadas com condições semelhantes. A caracterização climática se baseou no modelo de balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Matter (Pereira, 2005), enquanto a declividade foi calculada a partir dos dados provenientes do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m (Van Zyl, 2001), e classificada em três classes de limitação à mecanização (nula, ligeira e moderada) (Pereira; Lombardi Neto, 2004).

Foi constatado que 99% das áreas agrícolas do Cerrado se encontravam em terras com declividade 0% – 13%, sendo que 64,3% estavam em áreas com declividade 0% – 3% e 31,1% em áreas com declividade 4% – 8%. Em relação ao clima, 99% da agricultura do Cerrado se encontra em áreas com precipitação superior a 900 mm ano⁻¹, deficiência hídrica inferior a 650 mm ano⁻¹ e excedente hídrico superior a 100 mm ano⁻¹. Foram então identificadas no bioma as áreas que apresentavam tais características (Figura 14) e

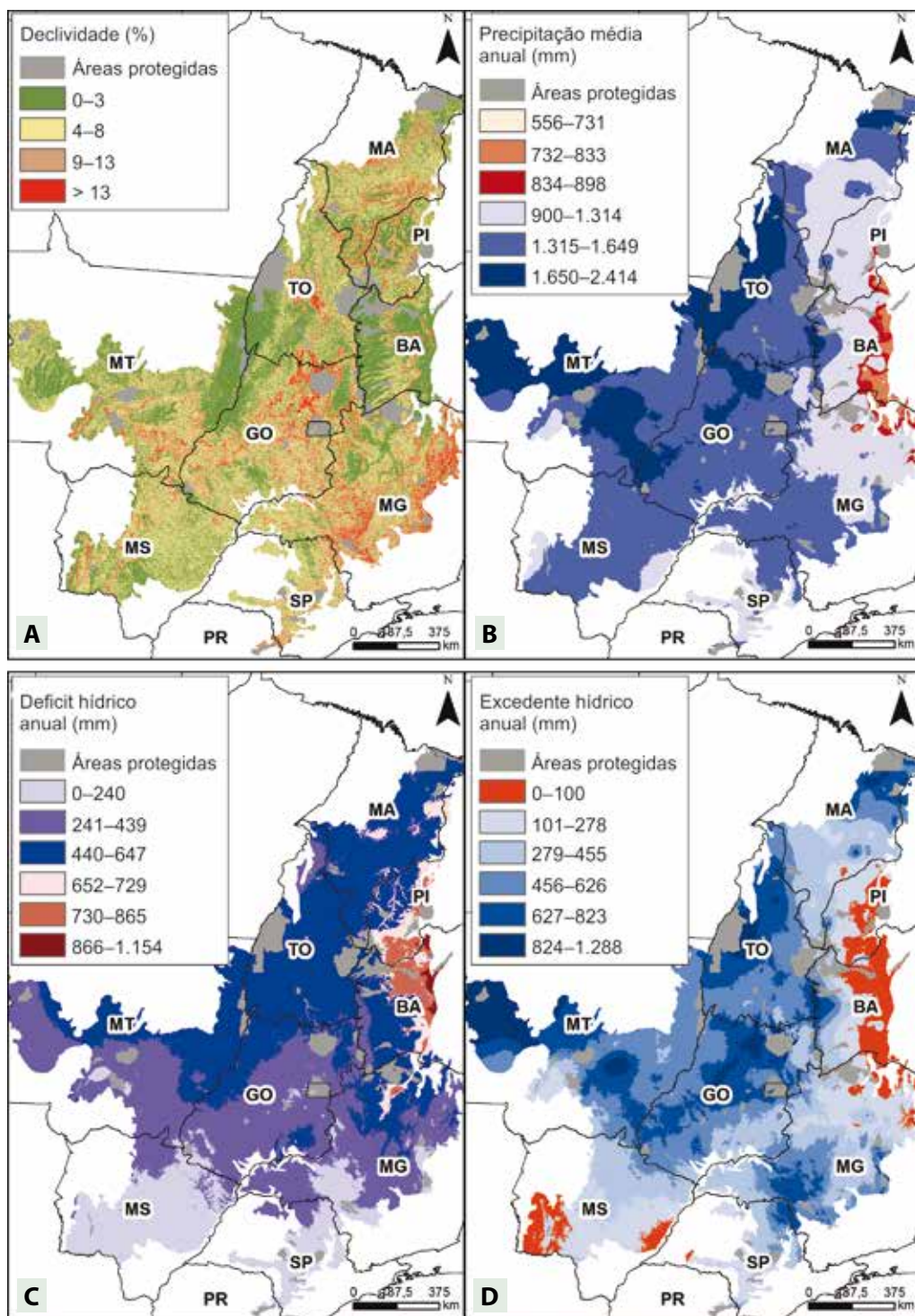


Figura 14. Bioma Cerrado discriminado em termos de classes de (A) declividade, (B) precipitação média anual, (C) deficiência hídrica anual, e (D) excedente hídrico anual.

Fonte: Victoria et al. (2017).

contabilizadas, por unidade da Federação, as áreas totais de pastagens plantadas com potencial para implantação de agricultura anual (Figura 15; Tabela 6).

Ao todo, 44,5 milhões de hectares de pastagens plantadas no Cerrado apresentam características climáticas e de relevo semelhantes às áreas com agricultura anual de sequeiro. Isso representa 2,5 vezes a área agrícola do Cerrado no ano de 2013 (17,4 milhões de hectares). Se forem consideradas apenas as pastagens com declividade entre 0% e 3%, sem limitação à mecanização, tem-se 19,7 milhões de hectares com potencial para expansão agrícola, uma área 13% superior ao total utilizado pela

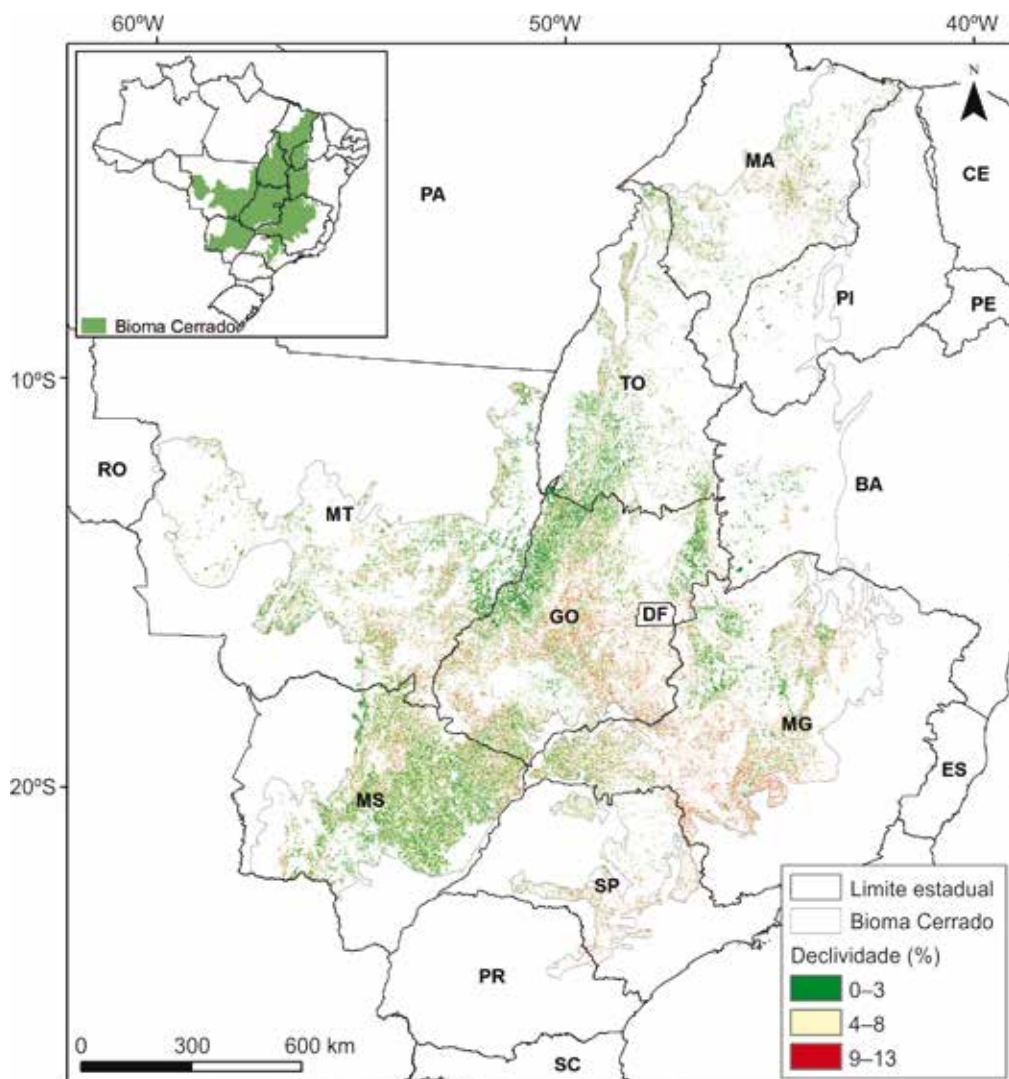


Figura 15. Pastagens plantadas no bioma Cerrado, adequadas para a implantação de agricultura anual, de acordo com dados do balanço hídrico e discriminadas em três faixas de declividade.

Fonte: Adaptado de Victoria et al. (2017).

Tabela 6. Áreas de pastagens plantadas e áreas agrícolas (km²) discriminadas por unidades federativas (UF), classes de declividade, potencial de expansão da agricultura e porcentagem de pastagens com características físicas e climáticas compatíveis com agricultura anual na declividade 0% – 3%.

UF	Pastagens plantadas por classes de declividade (%)			Área agrícola (2013)	Potencial de expansão (%) da agricultura por classes de declividade			Pastagens plantadas (2013)	(%) Pastagens compatíveis com culturas anuais (declividade 0 – 3)
	0 – 3	4 – 8	9 – 13		0 – 3	0 – 13	0 – 13		
BA	3.170	1.356	238	4.765	21.970	14,4	21,7	24.500	12,9
DF	14	12	2	28	960	1,4	3,0	1.420	1,0
GO	48.481	52.490	15.628	116.599	34.920	138,8	333,9	139.770	34,7
MA	9.210	9.536	2.683	21.429	7.480	123,1	286,5	33.740	27,3
MG	27.565	37.345	14.180	79.090	18.780	146,8	421,1	118.760	23,2
MS	47.687	46.400	6.232	100.319	13.340	357,5	752,0	121.810	39,1
MT	3.3891	29.014	5.879	68.784	56.680	59,8	121,4	79.110	42,8
PI	1.200	319	27	1.547	8.130	14,8	19,0	6.030	19,9
PR	9	32	39	80	890	1,0	9,0	720	1,3
RO	1	2	0	4	0	-	-	10	14,1
SP	3.142	5.845	2.706	11.693	3.840	81,8	304,5	20.220	15,5
TO	22.518	15.654	2.520	40.692	7.180	313,6	566,7	54.770	41,1
Matopiba	36.098	26.866	5.468	68.433	44.760	80,6	152,9	119.040	30,3
Total	196.888	198.007	50.135	445.030	174.170	113,0	255,5	600.860	32,8

agricultura anual atualmente, e que representa aproximadamente 33% da pastagem plantada no bioma. Ou seja, existe o potencial para dobrar a área agrícola no Cerrado, utilizando áreas com declividade de 0% a 3%, reduzindo apenas 33% das áreas ocupadas com pastagens plantadas.

Considerando-se apenas as áreas com declividade entre 0% a 3%, os estados que apresentam maior potencial de expansão são Mato Grosso do Sul e Tocantins. O primeiro apresenta 4,7 milhões de hectares de pastagens com características favoráveis, equivalente a 39% da pastagem plantada no estado. Já Tocantins apresenta 2,5 milhões de hectares de áreas favoráveis, equivalente a 41% da pastagem plantada.

Para o Matopiba, considerando-se apenas declividade entre 0% a 3%, existem 3,6 milhões de hectares de pastagens plantadas em condições favoráveis para lavouras anuais, o que representa 30% da área de pastagem. Se for considerada a declividade de até 13%, há 6,8 milhões de hectares com potencial de expansão. Com o intuito de avaliar os resultados encontrados, foi realizado o cruzamento do mapa de uso e cobertura das terras (Brasil, 2015) com o mapa de aptidão agrícola do Matopiba (Lumbreras et al., 2015). O mapeamento de Lumbreras et al. (2015) empregou metodologia distinta da utilizada por Victoria et al. (2017), apresentando diferentes níveis de aptidão, o que dificulta comparações diretas. Porém, foram identificados 4,9 milhões de hectares de pastagens plantadas com aptidão boa ou regular para agricultura anual, valor dentro da faixa de 3,6 a 6,8 milhões de hectares encontrada por Victoria et al. (2017).

Cabe ressaltar que, apesar de terem sido identificadas pastagens plantadas com características adequadas para expansão da agricultura anual, a substituição de pastagens por culturas agrícolas deve ser acompanhada de ganhos de produtividade na pecuária, de forma que não resulte em pressão por abertura de novas áreas. Alternativa seria a expansão de sistemas de integração (ILPF) como forma de intensificação sustentável da produção agropecuária (Ferraz; Ladislau, 2017). Também é importante salientar a necessidade de novas análises que aprofundem o trabalho de Victoria et al. (2017), levando-se em consideração as restrições ambientais impostas pelo Código Florestal e outros fatores importantes, como características edáficas, altitude e sazonalidade do clima.

Considerações finais

O planejamento da expansão agrícola no Cerrado é fundamental para o uso sustentável e preservação dos recursos naturais, o estabelecimento de melhorias de infraestrutura e logística agrícola, bem como para os investimentos em pesquisa, inovações e crédito agrícola. Sistemas de produção mais intensificados e diversificados, como integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto e irrigação, diminuem a pressão na abertura de novas áreas. Porém, devem ser analisados sob diferentes óticas econômicas, sociais, culturais e ambientais.

Nas análises aqui realizadas, observou-se que de 45% a 50% do bioma já foi antropizado com usos agrícolas, pastagens, silvicultura, urbanizações e minerações. Aproximadamente 30% do Cerrado está convertido em pastagens e grande parcela dessas áreas está com baixa capacidade produtiva, sendo possível definir suas características edafoclimáticas e abrangência espacial em diferentes cenários de análises.

Importante ainda destacar o papel de políticas públicas e legislações, como a Política Nacional de Biossegurança, o Código Florestal e o Cadastro Ambiental Rural, que podem dinamizar e dar segurança jurídica para a expansão e diversificação agrícola, via recuperação dos passivos ambientais das propriedades rurais.

A Embrapa, em seu estudo de futuro da agricultura para 2030, destacou o crescimento dos incentivos à diversidade produtiva animal e vegetal da região. A piscicultura, fruticultura, cana-de-açúcar, hortaliças, trigo tropical e pulses (subgrupo da família das leguminosas que engloba grãos secos, como feijão-comum, feijão-caupi, ervilha, lentilhas, grão-de-bico, entre outros) são exemplos de potencialidades crescentes.

Dessa forma, as análises apontam o grande potencial de expansão da agricultura sem a necessidade de abertura de novas áreas agrícolas. O uso de tecnologias mais sustentáveis, como o sistema plantio direto, fixação biológica de nitrogênio (FBN), recuperação de pastagens degradadas, ILPF, sistemas agroflorestais, florestas plantadas, sistemas de irrigação inteligentes e tratamento de dejetos animais, são exemplos de potencialidades de expansão agrícola e diversificação mais sustentável do Cerrado.

Referências

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 17, May, 2017. DOI: 10.21206/rbas.v7i1.376.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 36, n. 2, p. 30-32, fev. 2016.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian cerrado and caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58 p. 116-27, Mar. 2015. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.01.017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto TerraClass Cerrado**: mapeamento do uso e cobertura vegetal do Cerrado. Brasília, DF, 2015. 67 p.

BROWN, J. C.; KASTENS, J. H.; COUTINHO, A. C.; VICTORIA, D. C.; BISHOP, C. R. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 39-50, Mar. 2013. DOI: 10.1016/j.rse.2012.11.009.

CEA CONSULTING. **Desafios e oportunidades para conservação, produção agrícola e inclusão social no bioma do Cerrado**. 2016. Disponível em: <http://www.climateandlandusealliance.org/wp-content/uploads/2016/09/Cerrado_ES_pt.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos**: o papel da academia e da 36 indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. 2006. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/18402116-Agua-na-producao-de-alimentos-o-papel-da-academia-e-da-industria-no-alcance-do-desenvolvimento-sustentavel.html>>. Acesso em: 22 out. 2019

DIAS-FILHO, M. B. **Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia**: estratégias de manejo e controle. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. 103 p. (Documentos, 52).

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

EUCLIDES, V. P. B. **Algumas considerações sobre manejo das pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1994. 31 p. (Documentos, 57).

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1198 p.

FERRAZ, R.; LADISLAU, S. Intensificação sustentável: desafios e oportunidades para a agricultura brasileira. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 37-42, mar. 2017.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 40 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).

IBAMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS)**: cerrado. Brasília, DF, [2010]. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/PMDBBS%20-%20CERRADO.html>. Acesso em: 1 set. 2017.

IBGE. **Censo agropecuário 2017**: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2019.

IBGE. **Produção agrícola municipal (1990 a 2015)**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/default.shtm>>. Acesso em: 29 out. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; SOUZA, D. L. de **Varição da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140600/1/bol-126.pdf>>. Acesso em: 9 out 2018.

LIU, S.; WANG, T.; GUO, J.; QU, J.; AN, P. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, northern China. **Environmental Earth Sciences**, v. 60, n. 7, p. 1459-1466, 2010.

LUMBRERAS, J. F. A.; CARVALHO FILHO, P. E. F.; MOTTA, A. H. C.; BARROS, M. L. D.; AGLIO, R. de O.; DART, H. L. F.; SILVEIRA, C. F.; QUARTAROLI, R. E.; ALMEIDA, M.; FREITAS, D. P. L. **Aptidão agrícola das terras do Matopiba**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. (Embrapa Solos. Documentos, 179).

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p. 28-62.

MAPBIOMAS. **Coleção 2.3 – Dados atualizados**. Versão de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

MORAES, A.; MARASCHIN, G. E.; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p.147-200.

PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras**: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5805/1/documentos_43.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Land Cover Mapping of the Tropical Savanna Region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1-4, 113-24, 2010. DOI: 10.1007/s10661-009-0988-4.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 153-156, jan. 2008.

SANO, E. E.; ROSA, R.; SCARAMUZZA, C. A. de M.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. da S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B. de; SILVA, E. B. da; VICTORIA, D. de C.; FERREIRA, L. G.; BRITO, J. L. S.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H. de; BAYMA-SILVA, G. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00138, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00138.

SCARAMUZZA, C. A. M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; ROSA, R.; SILVA, E. B.; VALERIANO, D. M.; VICTORIA, D. C.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H.; SILVA, G. B. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, p. 1041-1051, 2017.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília, DF: Aneel: ANA, 2001. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao_Gerenciamento.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2013.

SILVEIRA, J. M. C. A importância da agricultura irrigada na sub-bacia Tambaú/Verde, região Nordeste Paulista. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011.

VAN ZYL, J. J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. **Acta Astronautica**, v. 48, n. 5-12, p. 559-565, 2001.

VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L.; SILVA, G. B. S. Pastagens plantadas com potencial para expansão da agricultura anual no Cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., Santos. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2017. p. 1716-1723.

ZIMMER, A. H.; CORREA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-25.

Capítulo 9

Agricultura da região de Cerrado

Eficiência econômica, produtividades e perspectivas

Geraldo da Silva e Souza

Eliane Gonçalves Gomes

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Introdução

Em estudo recente, Alves et al. (2013) fizeram uma análise da agricultura brasileira enfatizando aspectos de concentração de renda, relevância dos insumos, trabalho, terra e tecnologia na função de produção da agricultura, tomando por base os dados definidos pelos estabelecimentos agropecuários recenseados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2006. Os autores concluíram que a tecnologia impulsionou o agronegócio, sendo a principal responsável pelo seu sucesso. Nesse contexto, acentuaram que a tecnologia é o fator de produção por excelência, explicando o crescimento da produção e a existência de grande concentração de renda no meio rural: 11% dos estabelecimentos agropecuários foram responsáveis por 87% do valor da produção agropecuária em 2006.

No nível estadual, Souza e Gomes (2015a) analisaram a dependência da eficiência econômica da produção agropecuária em fatores contextuais, incluindo educação e tecnologia, esta identificada como associada ao investimento na pesquisa agropecuária. Para esse fim, os autores fizeram uso dos modelos de regressão fracionária discutidos em Papke e Wooldridge (1996) e Ramalho et al. (2010). Nesse caso, concluiu-se que o investimento na pesquisa agropecuária via efeito *spillover* aumentou a eficiência do setor em 39% no período entre censos (1995/1996–2006) e a educação, medida pela componente de educação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em 12%, *ceteris paribus*. A medida de eficiência utilizada foi gerada pelo modelo Data Envelopment Analysis (DEA), visando à minimização de custos, sob a hipótese de retornos variáveis à escala.

No nível municipal e ainda no contexto do Censo Agropecuário 2006, Souza e Gomes (2015b) analisaram o efeito de imperfeições de mercado (Alves et al., 2015; Alves; Souza, 2015) e concentração de renda em uma medida de eficiência Free Disposal Hull (FDH) condicional, orientada a produto e com retornos variáveis à escala. Concluiu-se que as imperfeições de mercado atuam no intuito de reduzir o desempenho e que a concentração de renda tem associação positiva com a medida de eficiência.

Ressalta-se a importância da tecnologia, por isto, ela é cuidadosamente estudada. Neste capítulo, procura-se responder como a produção de culturas-chave do Cerrado se comporta, unificando tecnologia e projeções, embora formalmente as duas vertentes não sejam integradas. Contudo, como a tecnologia é dominante na explicação do crescimento da produção, as projeções refletem essa influência. Isso é visível no caso do trigo, por exemplo.

A eficiência é estudada de duas maneiras. Em uma delas, é estimada em um modelo de otimização. Na outra, é o resultado da relação entre renda bruta e custo total. Se esse valor for menor que um, a renda líquida é negativa, o que significa impossibilidade de sobrevivência do estabelecimento, que é consequência da ineficiência produtiva. O trabalho apresentado neste capítulo conecta as duas visões.

O objetivo do presente estudo é analisar muito dos aspectos considerados nas abordagens supracitadas em um recorte para o bioma Cerrado, incluindo, nas análises, tópicos relacionados à produtividade de alguns produtos, previsões estatísticas para a produção e área e elasticidades de insumos com base em dados agregados no nível municipal e por classes de renda nos municípios. A importância de se considerar o bioma separadamente infere-se de sua representatividade crescente na agropecuária nacional, dadas as novas fronteiras de expansão agrícola no Brasil e a adaptação de novas variedades e tecnologias de produção às condições edafoclimáticas do bioma. Note-se que 15% dos estabelecimentos agropecuários estão na região, gerando 32% da renda bruta agropecuária do País e ocupando 37% da área total dos estabelecimentos rurais, segundo o Censo Agropecuário 2006.

Estatísticas descritivas gerais

As informações descritivas do bioma Cerrado aqui apresentadas referem-se aos dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006). Os quantitativos apresentados podem representar pequenas variações relativamente aos dados reais decorrentes da não liberação de informações pelo IBGE quando o número de estabelecimentos em uma dada classificação é inferior a três. As informações dos estabelecimentos foram agregadas em nível municipal. Considerou-se a renda bruta rural total do município (soma da renda bruta de todos os estabelecimentos) como variável resposta do modelo de produção e os gastos com terra, trabalho e insumos tecnológicos como fatores de produção. Na Tabela 1 descrevem-se essas variáveis. Têm-se dados válidos para 1.100 municípios, que representam cerca de 20% do total de municípios brasileiros.

Os estabelecimentos foram agrupados em quatro classes de renda bruta, medidas em salários mínimos mensais: [0, 2]; [2, 10]; [10, 200]; e > 200. Consideram-se esses estabelecimentos de classes D, C, B e A, respectivamente. Na Tabela 2 mostram-se os totais e os percentuais, em relação ao bioma, do número de estabelecimentos, área dos estabelecimentos, renda bruta dos estabelecimentos, gastos com insumos, produtividade total dos fatores dos estabelecimentos (razão total da renda bruta pelos gastos totais com insumos) localizados no bioma Cerrado, por classe de renda.

Tabela 1. Descrição das variáveis de produção.

Variável	Componente	Unidade	Comentário
Y (produção)	Renda bruta do estabelecimento	Real	Valor total da produção agropecuária do estabelecimento
Terra	4% do valor da terra	Real	Valor de aluguel da terra
Trabalho	Salários ou outras formas de compensação pagos à família e aos trabalhadores contratados	Real	-
Capital (insumos tecnológicos)	Maquinário; melhorias no estabelecimento; aluguéis de equipamentos; valor de culturas permanentes, dos animais, das matas plantadas, de sementes, de sal e forragens, de medicamentos, adubação e pesticidas; despesas com combustíveis, eletricidade, armazenagem, matérias-primas e outros gastos	Real	Todos os valores de estoques foram depreciados à taxa de 6% ao ano num período determinado que varia com o tipo do estoque (máquinas – 15 anos; matas plantadas – 20 anos; culturas permanentes – 15 anos; benfeitorias – 50 anos; animais – 5 anos)

Tabela 2. Perfis de desempenho, renda e área no bioma Cerrado.

Classe de renda	Nº de estabelecimentos	Área (ha)	Renda (10 ⁶ BR\$)	Despesa (10 ⁶ BR\$)	PTF	PTF mediana
D	409.940 (62,3%)	23.759.817 (22,3%)	782,94 (1,6%)	5.555,39 (9,5%)	0,1409	0,1599
C	143.840 (21,9%)	17.958.575 (16,8%)	2.420,47 (4,8%)	5.552,34 (9,5%)	0,4359	0,4939
B	93.858 (14,3%)	39.483.424 (37,0%)	13.551,20 (26,9%)	18.232,26 (31,3%)	0,7433	0,8756
A	9.890 (1,5%)	25.482.663 (23,9%)	33.569,44 (66,7%)	28.989,53 (49,7%)	1,1580	1,5011
Total	657.528 (15,0%)	106.684.481 (36,6%)	50.324,05 (31,8%)	58.329,52 (37,5%)	0,8628 (1,0158) ^(*)	0,8214 (1,0510) ^(*)

PTF = produtividade total dos fatores.

(*) Valores representam estimativas para o Brasil.

As distribuições da produtividade total dos fatores (PTF) (retorno), intensidade do uso de área e rentabilidade assemelham-se às informações obtidas em outros estudos para o Brasil com base em microdados, como em Alves et al. (2013). A única classe produtiva é a A, que agrega 1,5% dos estabelecimentos, 23,9% da área e 66,7% da renda bruta, indicando forte concentração de renda. A mediana do índice de concentração da renda no bioma é 0,7822, próxima da mediana para o Brasil (0,7951).

Os perfis regionais são apresentados na Figura 1, cujas medidas de produtividade e área foram transformadas utilizando-se a fórmula $(valor - menor\ valor)/(maior\ valor - menor\ valor)$, em que valor representa produtividade ou área. Observa-se maior produtividade na região Sul, seguida das regiões Nordeste e Sudeste. Observa-se aqui que somente um município contribui com informações válidas para a região Sul. O índice de concentração é aproximadamente o mesmo em todas as regiões, sendo um pouco inferior na região Norte.

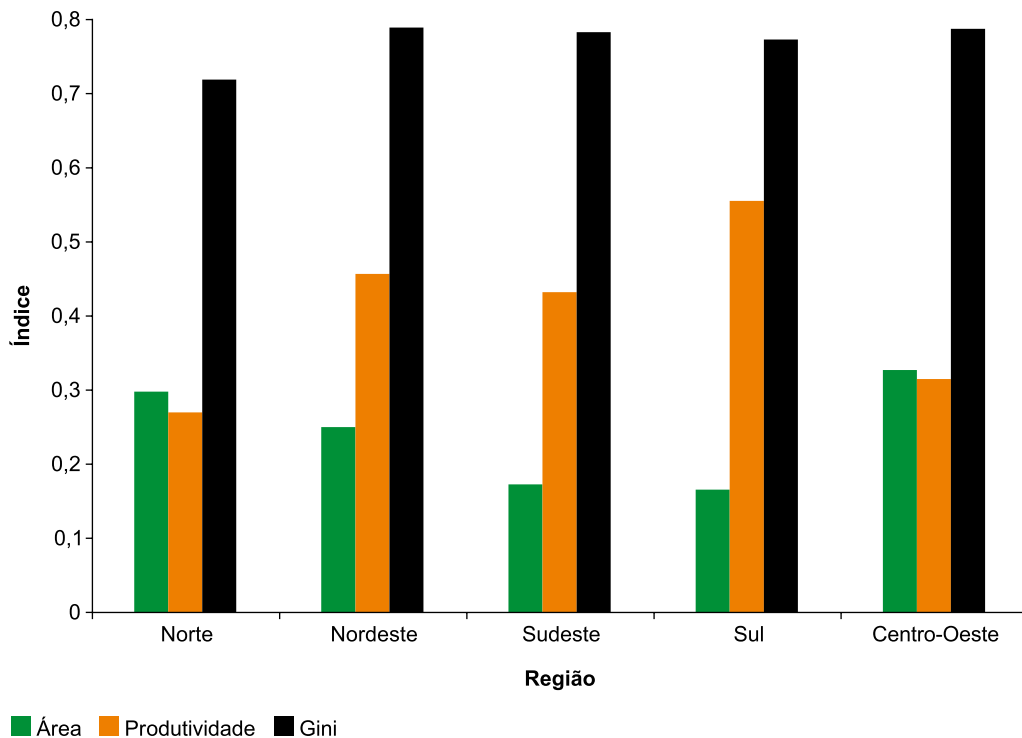


Figura 1. Perfis regionais de área, produtividade e concentração da renda (índice de Gini) no bioma Cerrado.

Eficiência econômica não paramétrica

Sob a ótica da maximização da renda, calculou-se uma medida de eficiência do tipo DEA com retornos variáveis à escala (Banker et al., 1984), para os dados de renda bruta e gastos com terra, trabalho e tecnologia no nível municipal. Os dados foram preliminarmente transformados em ordenações (ranks). Esse procedimento empresta ao cálculo propriedades robustas contra a presença de observações atípicas e heteroscedasticidade. Faz-se mister observar que não se foi bem-sucedido com a abordagem paramétrica estocástica, com as especificações usuais de meia-normal, exponencial e normal truncada para a componente de ineficiência e de Cobb-Douglas para a função de produção (Coelli et al., 2005). Se Y representa o vetor de ranks de produção, de dimensão 1 por 1.098 dos municípios com observações válidas, e X a matriz 3 por

1.098 dos ranks de gastos com cada tipo de insumo, segue-se que a medida DEA de eficiência econômica do município k vem dada pela solução do problema de programação linear.

$$\text{Max}_{\varphi, \lambda} \varphi$$

sujeito a

$$Y\lambda \geq \varphi Y_k$$

$$X\lambda \leq X_k$$

$$\lambda 1 = 1, \lambda \geq 0$$

Nesta formulação, λ define o vetor que caracteriza uma combinação linear de municípios que servem de referência na análise da eficiência do município k (Coelli et al., 2005). Y_k é o valor do *output* para o município k e X_k , o seu uso de insumos. É comum usar o inverso de φ_k como medida de eficiência. Será adotada essa prática aqui. Nesse contexto, as medidas variam no intervalo $[0,1]$, com valores próximos a 1 indicando eficiência.

Para o bioma Cerrado, o resumo de cinco números é: mínimo = 0,040; Q1 = 0,312; mediana = 0,5495; Q3 = 0,779; e máximo = 1,000. A distribuição é aparentemente simétrica (média = 0,5413) e não apresenta atipicidades. Em geral (há exceções), os municípios das regiões Norte e Nordeste são dominados em eficiência econômica pelos demais. As medianas encontradas foram 0,621; 0,410; 0,330; 0,641; e 0,686 para as regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul, respectivamente.

Ainda nesse contexto, é interessante observar o comportamento da medida de eficiência de municípios com PTFs representativas menor do que 1 e maiores ou iguais a 1. Com informações válidas, 682 municípios têm PTF inferior a 1, enquanto 416 municípios possuem PTF superior a 1. Medianas de eficiência econômica nesses grupos são 0,439 e 0,702, respectivamente, evidenciando que os municípios mais produtivos também mostram mais eficiência.

Ao se considerar o agrupamento por classes de renda em salários mínimos, observa-se que as classes A e B são dominantes. As medianas de eficiência são 0,8995; 0,728; 0,442; 0,182 para as classes A, B, C e D, respectivamente. Note-se que as medidas de eficiência foram recalculadas considerando-se os totais de renda e gastos por classe e município, gerando-se, em consequência, um arquivo com 3.731 observações válidas, já que nem todas as classes de renda estão presentes em todos os municípios.

É de interesse identificar os municípios com comportamento superior no que concerne à eficiência econômica e ao nível de PTF. Tomando-se por base os quantis de ordem 90% de ambas as distribuições, obtém-se um conjunto de 31 municípios caracterizados na Tabela 3. Acrescentou-se a esta tabela uma coluna representativa da intensidade de uso de área (em hectares) disponível para agricultura no município,

medida pela soma das áreas dos estabelecimentos rurais. O indicador é definido como anteriormente pela razão (*valor – menor valor*) / (*maior valor – menor valor*). A correlação de Spearman entre área física e produtividade não difere significativamente de zero. A produção vegetal é dominante.

Elasticidades dos insumos

A hipótese de produção associada ao cálculo da medida DEA assume um modelo determinístico e desvios estocásticos negativos relativamente a uma fronteira de produção ótima desconhecida (Banker, 1993). A fronteira ótima nos pontos observacionais é estimada consistentemente, projetando-se na fronteira DEA as observações de produção. Isso é obtido pela multiplicação do nível de produto pelo inverso da medida de eficiência econômica (≥ 1). Observações DEA eficientes são invariantes por essa transformação. Utilizando-se a família Cobb-Douglas como flexível para as respostas de produção, medida pela renda bruta, e os gastos dos insumos como *proxies* para intensidade de uso dos fatores de produção, podem-se avaliar elasticidades via mínimos quadrados ordinários aplicados à renda ajustada pela eficiência. Em outras palavras, antes de determinar os efeitos marginais dos fatores de produção na renda, ajusta-se esta ao nível ótimo, que poderia ser obtido caso todos os municípios fossem eficientes. As contribuições marginais dos fatores de produção obtidas na abordagem estatística, isto é, ajuste da resposta Cobb-Douglas às fronteiras ótima e ineficiente, podem ser vistas na Tabela 4. Em ambos os casos, têm-se retornos decrescentes à escala. As aplicações das elasticidades sugeridas pela fronteira ótima são diretas nos municípios eficientes, mas envolvem ajustes preliminares à fronteira para municípios ineficientes. Os resultados obtidos são consistentes com os descritos em Alves et al. (2013) e indicam forte participação dos insumos tecnológicos em qualquer hipótese.

Fatores contextuais associados à eficiência econômica

No passado recente, o comportamento dos produtores rurais tem sido abordado sob a ótica das imperfeições de mercado (Alves; Souza, 2015). Imperfeições de mercado referem-se a uma conjuntura econômica e logística que interfere diretamente na extensão rural e na competitividade de preços de mercado, no crédito e no acesso assimétrico à tecnologia por parte de pequenos produtores. Desse modo, tem-se interesse em identificar variáveis contextuais que potencialmente afetam o desempenho produtivo na vertente agropecuária dos municípios componentes do bioma Cerrado. A identificação desses fatores pode indicar direções de ações de políticas públicas visando à inclusão produtiva.

Nossa análise modela a eficiência econômica como função de: a) valor adicionado pela agropecuária per capita no ano de 2009, oriundo de uma pesquisa sobre produto interno bruto (PIB) dos municípios publicada pelo IBGE em 2011; b) taxa de

Tabela 3. Municípios nos decis superiores de eficiência e produtividade, ordenados por produtividade total dos fatores (PTF), indicador de área e tipo de produção (porcentuais referem-se à participação no valor total da produção do município).

UF	Município	Eficiência	PTF	Indicador de área	Tipo de produção
MG	Grão Mogol	1,000	26,809	0,654	Animal (0,9%); Vegetal (99,06%)
MA	Belágua	1,000	20,445	0,016	Animal (1,96%); Vegetal (97,69%)
MA	Joselândia	1,000	15,822	0,148	Animal (4,09%); Vegetal (95,85%)
MA	Cachoeira Grande	1,000	12,280	0,034	Animal (2,12%); Vegetal (74,88%)
SP	Estiva Gerbi	0,932	11,882	0,020	Animal (1,07%); Vegetal (98,92%)
MA	São Bernardo	0,990	11,537	0,400	Animal (2,71%); Vegetal (91,41%)
MA	Barreirinhas	1,000	9,814	0,046	Animal (6,13%); Vegetal (65,3%)
MA	São João do Soter	1,000	8,237	0,043	Animal (5,45%); Vegetal (94,54%)
MA	Coelho Neto	1,000	8,111	0,150	Animal (1,43%); Vegetal (98,55%)
MA	Chapadinha	0,978	6,174	0,389	Animal (6,2%); Vegetal (89,99%)
MG	Itapagipe	1,000	5,608	0,489	Animal (8,27%); Vegetal (91,72%)
SP	Santa Lúcia	1,000	5,566	0,035	Animal (1,35%); Vegetal (98,65%)
SP	Jardinópolis	0,986	4,326	0,327	Animal (1,29%); Vegetal (98,6%)
SP	Avai	0,953	4,239	0,170	Animal (7,07%); Vegetal (92,91%)
SP	São Joaquim da Barra	0,933	4,120	0,133	Animal (1,4%); Vegetal (98,57%)
SP	Ribeirão Preto	0,983	3,909	0,389	Animal (0,53%); Vegetal (99,4%)
MT	Nova Xavantina	0,999	3,734	1,000	Animal (10,82%); Vegetal (89%)
SP	Morro Agudo	0,987	3,114	0,409	Animal (1,08%); Vegetal (98,92%)
SP	Colômbia	0,965	3,026	0,188	Animal (7,25%); Vegetal (92,75%)
SP	Guataporá	0,930	2,943	0,139	Animal (14,26%); Vegetal (85,16%)
MG	São José da Varginha	0,934	2,691	0,067	Animal (92,8%); Vegetal (4,26%)
SP	Pederneiras	0,971	2,491	0,188	Animal (2,06%); Vegetal (97,73%)
SP	Holambra	0,921	2,376	0,012	Animal (27,72%); Vegetal (72,16%)
MT	Primavera do Leste	0,985	2,345	0,645	Animal (2,51%); Vegetal (97,15%)
TO	São Félix do Tocantins	1,000	2,330	0,074	Animal (15,96%); Vegetal (83,86%)
SP	Patrocínio Paulista	0,946	2,304	0,183	Animal (5,69%); Vegetal (94,27%)
MG	Passos	0,987	2,288	0,357	Animal (15,08%); Vegetal (84,91%)
MG	Curvelo	0,930	2,166	0,573	Animal (23,72%); Vegetal (76,26%)
SP	Limeira	0,938	2,140	0,133	Animal (2,82%); Vegetal (97,11%)
SP	Mogi Mirim	0,925	2,135	0,106	Animal (23,23%); Vegetal (76,71%)
MT	Santa Rita do Trivelato	0,933	2,016	0,594	Animal (1,81%); Vegetal (98,18%)

Tabela 4. Elasticidades dos fatores de produção em função da renda bruta.

Fator de produção	Contribuição para a fronteira ótima	Contribuição para a fronteira ineficiente
Terra	0,144 (28,3%)	0,238 (26,2%)
Trabalho	0,162 (31,8%)	0,299 (32,9%)
Tecnologia	0,203 (39,9%)	0,371 (40,9%)
R ²	0,769	0,799

alfabetização no meio rural das pessoas com 10 anos ou mais de idade, determinada pelo Censo Demográfico 2010; c) vulnerabilidade das crianças até 5 anos de idade, medida pela proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes rurais com responsável ou cônjuge analfabeto e saneamento inadequado, conforme Censo Demográfico 2010; d) proporção de estabelecimentos rurais que receberam orientação técnica, como relatado no Censo Agropecuário 2006; e) indicador ambiental, aferido a partir de dados extraídos do Censo Agropecuário 2006 sobre as práticas recomendadas de utilização do solo adotadas nos estabelecimentos rurais. Entende-se que esses indicadores refletem o potencial agrícola do município, as condições educacionais, de saneamento e infraestrutura de saúde, de acesso à assistência técnica e de consciência ambiental. Portanto, atributos correlacionados aos aspectos principais determinantes das imperfeições de mercado. Esses indicadores foram propostos pela Confederação Nacional da Agricultura para o cálculo de um índice de desenvolvimento rural (Lopes, 2013).

A especificação do modelo estatístico apropriado ao comportamento da eficiência deve levar em conta dois aspectos fundamentais: a resposta define um atributo no intervalo [0,1], com massa probabilística no extremo direito; e a correlação induzida pelo método de cálculo das medidas DEA de eficiência econômica. Tratou-se o primeiro caso adotando-se o modelo de regressão fracionária sugerido por Papke e Wooldridge (1996) e Ramalho et al. (2010). Esse modelo define uma função de pseudo-verossimilhança, motivada por regressões do tipo logito e normito, e tem comportamento assintótico normal sob hipótese de independência das observações. Tratou-se a correlação por meio do *bootstrap* com 5.000 repetições. Desse modo, postula-se que a medida de eficiência φ_k do município k satisfaz o modelo:

$$E(\varphi_k) = G(\mu_k)$$

$$\mu_k = z'_k \beta$$

em que, tipicamente: $G(\cdot)$ representa a função de distribuição da logística ou da distribuição normal padrão, β é um vetor de parâmetros desconhecidos e z_k é o vetor de observação das covariáveis para o município k .

O procedimento de cálculo está disponível no software Stata 14 (Stata..., 2015). Em nossa aplicação, o modelo com resposta definida pela distribuição normal apre-

sentou um valor maior da função de pseudo-verossimilhança. O resultado do exercício estatístico aparece na Tabela 5. A correlação de Spearman entre valores observados e preditos é de 61%.

Tabela 5. Regressão fracionária – influência de fatores contextuais na eficiência econômica.

Covariável	Coefficiente	Viés	Desvio-padrão	Intervalo de confiança 95% (viés corrigido)	
Valor adicionado	1,108463	0,003166	0,104027	0,897068	1,3020440
Educação	1,222681	-0,003010	0,193133	0,854735	1,6051160
Saúde e Saneamento	-0,430970	0,002794	0,160108	-0,735230	-0,1180689
Assistência técnica	0,018047	0,000636	0,128817	-0,222820	0,2797311
Indicador ambiental	-0,976860	0,002527	0,307227	-1,573320	-0,3859383
Constante	-0,497580	-0,003140	0,139483	-0,763270	-0,2237736

Da Tabela 5, vê-se que assistência técnica não afeta significativamente a eficiência de produção e observa-se um efeito negativo da variável ambiental. O nível de desenvolvimento do município tem efeito dominante e positivo, como também a educação. Como esperado, as condições de saneamento e saúde insatisfatórias têm efeito negativo sobre a eficiência da produção. A intensidade da resposta esperada a alterações marginais nos níveis das covariáveis da Tabela 5 depende dos coeficientes e dos valores do construto $Margem_k = f(\mu_k)$ para cada município, sendo $f(\cdot)$ a função densidade da distribuição normal padrão. Os valores dessas margens sugerem um efeito regional. No entanto, a inclusão de *dummies* regionais leva a instabilidade na convergência da pseudo-verossimilhança do modelo e, por isso, foi evitada. Observa-se um gradiente de intensidade associado aos quartis de eficiência. Quanto menor o nível de eficiência, maior a sensibilidade da resposta (eficiência) ao aumento de uma unidade em qualquer covariável. Mantidos os níveis de agricultura atuais, os menos eficientes (1º quartil) e as regiões Nordeste e Norte serão os mais beneficiados por alterações positivas nas covariáveis.

Previsões estatísticas para área, produção e produtividade de produtos selecionados para o bioma Cerrado

Escolheram-se os produtos algodão, arroz, café em grão, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, sorgo e trigo para estudar sua evolução passada nos componentes produção e área, segundo dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE, 2017a). Incluíram-se no estudo a produção de leite (IBGE, 2017b), o efetivo do rebanho de bovinos (IBGE, 2017b) e uma estimativa da produção de carnes, utilizando-se a relação entre a produção de carne bovina no Brasil em 2015 (9.206.101,5 t por carcaça equivalente, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab) e o efetivo de bovinos do País em 2015 [215.199.488 cabeças (IBGE, 2017b)].

O estudo dos produtos supracitados foi levado a efeito por meio da análise das séries temporais associadas à evolução dos construtos de interesse, utilizando modelos de processos estocásticos nas famílias Autorregressivo Integrado de Médias Móveis (do inglês, *Autoregressive Integrated Moving Average* – Arima) e de Espaço de Estados (*State Space*). A referência básica para nossa exposição é Brocklebank e Dickey (2003). O modelo Arima ajusta os dados de uma série temporal univariada, submetida à estacionariedade via cálculo de diferenças, como uma combinação linear de valores passados, utilizando os processos autorregressivos e de médias móveis. O processo estacionário y_t após o cálculo das diferenças de ordem d , com média zero, é um processo Arima(p, q, d) se satisfaz a definição do Arma(p, q) (do inglês, *Autoregressive Moving Average*, média zero).

$$y_t - \phi^1 y_{t-1} \dots - \phi_{t-p} y_{t-p} = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

em que: $\theta_q, \phi_p \neq 0$, sendo ε_t ruído branco ($0, \sigma^2$) e t , um ponto dos inteiros.

O processo é Arma(p, q) com média μ se $(y_t - \mu)$ for Arma(p, q) com média zero.

Séries temporais estacionárias do tipo *short memory* podem ser descritas por processos Arma. O processo é autorregressivo quando $q = 0$ e de média móvel quando $p = 0$. Os processos Arma(p, q) aqui usados satisfazem as seguintes condições:

Estacionariedade: as raízes da equação $x^p - \phi_1 x^{p-1} - \dots - \phi_{p-1} x - \phi_p = 0$ são menores do que um em valor absoluto.

Inversibilidade: as raízes da equação $x^q - \theta_1 x^{q-1} - \dots - \theta_{q-1} x - \theta_q = 0$ são menores do que um em valor absoluto.

O modelo de Espaço de Estados é um modelo estatístico para séries temporais multivariadas estacionárias. Ele representa uma série temporal multivariada por meio de variáveis auxiliares, sendo algumas destas não observáveis diretamente. Essas variáveis auxiliares são denominadas variáveis de espaço de estados. O vetor de espaço de estados resume toda a informação de valores do presente e do passado das séries de tempo relevantes para a predição de valores futuros da série. As séries de tempo observadas são expressas como combinação linear das variáveis de estado. O modelo de Espaço de Estados é chamado de representação markoviana ou representação canônica de um processo de séries temporais multivariado estacionário. Utilizou-se aqui a representação desse modelo segundo Akaike (1974, 1976).

Uma série temporal estacionária x_t de dimensão r satisfazendo o modelo markoviano é definida pelas equações seguintes:

$$\text{Equação observacional: } x_t = (I|0)z_t \quad (1)$$

$$\text{Equação de estado: } z_t = Fz_{t-1} + Ge_t \quad (2)$$

em que: z_t (o vetor de estado) é um processo estocástico vetorial de dimensão $s > r$, cujas r primeiras componentes coincidem com x_t e as demais $s - r$ contêm toda a informação necessária para a previsão de valores futuros de z_t ; F é uma matriz de transição; $s \times s$; G é uma matriz $s \times r$; e_t é um vetor de erros ou choques, de dimensão r .

A sequência e_t é um ruído branco multivariado, com vetor de médias nulo e matriz de variância Σ . Todo processo vetorial Arma tem uma representação em espaço de estado e, reciprocamente, todo processo estacionário satisfazendo o modelo markoviano acima tem uma representação Arma.

Os parâmetros da representação em espaço de estados são estimados por máxima verossimilhança, supondo-se que o vetor de choques residuais tem distribuição normal multivariada. O procedimento inicia-se com a identificação do vetor de espaço de estados. Isso é feito com o auxílio de uma aproximação AR (k) multivariado de ordem suficientemente elevada. O critério de informação de Akaike é utilizado na escolha da ordem do processo. O AR (k) que aproxima é, então, utilizado no cálculo da matriz de variância-covariância M entre valores atuais e passados e entre valores atuais e futuros da série temporal. A análise da Matriz M é equivalente à determinação da forma do vetor de espaço de estado z_t . Isso é feito por meio de Análise de Correlação Canônica.

O software que se utilizou na análise de séries temporais foi o SAS – procedimentos Arima e State Space. Nas Tabelas 6 a 19 e nas Figuras 2 a 14 resumem-se os dados e os resultados obtidos. Na Tabela 19 identifica-se a produtividade de um passo à frente para as culturas estudadas. Nestas tabelas e figuras, Linf e Lsup referem-se, respectivamente, aos limites inferior e superior das projeções. Os intervalos de confiança para a produtividade foram calculados utilizando-se os intervalos a 95% de um passo à frente para produção e área, obtidos na aplicação dos modelos Arima ou de Espaço de Estados. Se $[la, Ua]$ representa o intervalo para a área e $[lp, Up]$ o intervalo para a produção, então $[a, b]$ tem limite de pelo menos 90% em qualquer caso para a produtividade em que $a = lp/Ua$ e $b = Up/la$.

Tipicamente, as séries evoluem com tendência estocástica crescente. As exceções são as séries do arroz e da mandioca, as quais apresentam expectativas de produção e área decrescentes. O trigo apresenta componente de tendência estacionária para área e levemente crescente para produção, indicando crescimento da produtividade. De um modo geral, mantidos os níveis de agricultura atualmente prevalentes no bioma, os intervalos de confiança indicam que é viável o aumento da produtividade pela redução substancial de área e aumento de produção, procurando atingir os níveis superiores de produtividade listados na Tabela 19.

Tabela 6. Algodão. Modelo: Arima(2,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	276.757				342.020			
1991	304.668	305.177	-	614.175	403.500	480.682	-	1.559.638
1992	275.435	333.088	-	642.086	332.274	542.162	-	1.621.118
1993	210.113	304.139	-	613.137	306.291	520.736	-	1.599.691
1994	225.515	270.808	-	579.805	345.315	580.378	-	1.659.334
1995	251.413	306.413	-	615.411	398.412	590.210	-	1.669.166
1996	250.942	287.120	-	596.118	403.552	601.363	-	1.680.319
1997	245.998	280.773	-	589.771	444.576	597.423	-	1.676.378
1998	433.195	290.591	-	599.589	771.749	669.390	-	1.748.345
1999	419.937	480.292	171.294	789.290	1.126.663	973.409	-	2.052.365
2000	468.964	359.470	50.472	668.468	1.549.028	1.143.693	64.737	2.222.649
2001	635.738	520.715	211.717	829.713	2.218.308	1.548.159	469.203	2.627.115
2002	567.562	652.621	343.623	961.619	1.836.750	2.173.918	1.094.962	3.252.874
2003	542.619	518.528	209.530	827.526	1.889.578	1.633.044	554.089	2.712.000
2004	888.518	625.114	316.117	934.112	3.297.358	2.363.899	1.284.943	3.442.854
2005	987.477	946.811	637.813	1.255.809	3.278.266	3.491.402	2.412.447	4.570.358
2006	768.094	838.166	529.168	1.147.164	2.684.231	2.598.062	1.519.106	3.677.018
2007	995.865	757.024	448.026	1.066.022	3.834.426	2.924.680	1.845.724	4.003.635
2008	959.840	1.163.009	854.011	1.472.007	3.723.278	4.445.842	3.366.886	5.524.798
2009	751.142	876.659	567.661	1.185.657	2.765.779	3.209.274	2.130.318	4.288.230
2010	771.821	815.639	506.641	1.124.637	2.813.216	3.065.625	1.986.669	4.144.580
2011	1.299.866	932.983	623.985	1.241.981	4.793.605	3.659.148	2.580.192	4.738.104
2012	1.296.522	1.332.619	1.023.621	1.641.617	4.626.935	4.991.128	3.912.172	6.070.083
2013	888.216	1.045.243	736.245	1.354.240	3.257.906	3.577.270	2.498.314	4.656.225
2014	1.069.444	934.417	625.419	1.243.415	4.040.387	3.593.576	2.514.620	4.672.531

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	989.992	1.342.350	1.033.352	1.651.348	3.872.348	5.151.848	4.072.892	6.230.804
2016		932.867	623.869	1.241.865		3.595.602	2.516.647	4.674.558
2017		1.021.675	584.686	1.458.664		3.932.155	2.406.281	5.458.029
2018		1.097.984	640.316	1.555.652		4.338.849	2.765.694	5.912.003
2019		1.092.597	615.145	1.570.048		4.349.826	2.730.770	5.968.882
2020		1.094.207	563.000	1.625.414		4.315.548	2.495.240	6.135.856
2021		1.141.552	561.550	1.721.554		4.536.595	2.535.171	6.538.019
2022		1.184.980	578.090	1.791.870		4.786.842	2.713.290	6.860.395
2023		1.202.805	570.169	1.835.441		4.872.348	2.729.092	7.015.603
2024		1.222.823	556.560	1.889.085		4.939.012	2.675.121	7.202.903
2025		1.257.173	558.902	1.955.444		5.111.972	2.733.556	7.490.388
2026		1.290.296	566.109	2.014.484		5.297.089	2.842.069	7.752.108
2027		1.315.396	566.188	2.064.603		5.413.621	2.884.316	7.942.926
2028		1.341.182	565.348	2.117.016		5.522.309	2.901.536	8.143.082
2029		1.371.460	569.883	2.173.038		5.675.250	2.966.096	8.384.404
2030		1.401.354	576.118	2.226.591		5.833.252	3.050.420	8.616.083
2031		1.428.733	580.497	2.276.970		5.962.701	3.108.092	8.817.309
2032		1.456.328	585.022	2.327.633		6.088.884	3.157.040	9.020.728
2033		1.485.330	591.550	2.379.109		6.233.491	3.226.394	9.240.587
2034		1.514.211	598.871	2.429.551		6.380.204	3.304.163	9.456.245
2035		1.542.305	605.900	2.478.709		6.515.031	3.371.557	9.658.504
2036		1.570.466	613.267	2.527.665		6.648.498	3.436.258	9.860.737
2037		1.599.068	621.517	2.576.619		6.789.634	3.510.070	10.069.198
2038		1.627.632	630.248	2.625.016		6.931.648	3.587.824	10.275.472
2039		1.655.950	639.119	2.672.780		7.068.713	3.661.841	10.475.586
2040		1.684.288	648.321	2.720.255		7.205.213	3.735.377	10.675.049

Tabela 7. Arroz. Modelo: Passeio aleatório [Arima(0,0,1)] para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	1.800.212				1.576.926			
1991	1.748.590	1.745.179	1.313.232	2.177.126	2.602.180	1.563.377	536.187	2.590.567
1992	2.260.649	1.693.557	1.261.610	2.125.504	2.556.240	2.588.631	1.561.441	3.615.821
1993	1.936.312	2.205.616	1.773.669	2.637.563	2.165.430	2.542.691	1.515.501	3.569.881
1994	1.734.913	1.881.279	1.449.332	2.313.226	2.807.336	2.151.881	1.124.691	3.179.071
1995	1.650.405	1.679.880	1.247.933	2.111.827	2.691.548	2.793.787	1.766.597	3.820.977
1996	1.148.684	1.595.372	1.163.425	2.027.319	1.823.444	2.677.999	1.650.809	3.705.189
1997	1.046.142	1.093.651	661.704	1.525.598	1.762.466	1.809.895	782.705	2.837.085
1998	991.110	991.109	559.162	1.423.056	1.578.293	1.748.917	721.727	2.776.107
1999	1.426.510	936.077	504.130	1.368.024	2.916.125	1.564.744	537.554	2.591.934
2000	1.214.392	1.371.477	939.530	1.803.424	2.591.339	2.902.576	1.875.386	3.929.766
2001	928.481	1.159.359	727.412	1.591.306	1.740.213	2.577.790	1.550.600	3.604.980
2002	904.533	873.448	441.501	1.305.395	1.614.549	1.726.664	699.474	2.753.854
2003	886.126	849.500	417.553	1.281.447	1.869.341	1.601.000	573.810	2.628.190
2004	1.097.752	831.093	399.146	1.263.040	2.381.656	1.855.792	828.602	2.882.982
2005	1.203.126	1.042.719	610.772	1.474.666	2.386.558	2.368.107	1.340.917	3.395.297
2006	812.180	1.148.093	716.146	1.580.040	1.493.399	2.373.009	1.345.819	3.400.199
2007	853.185	757.147	325.200	1.189.094	1.626.859	1.479.850	452.660	2.507.040
2008	786.810	798.152	366.205	1.230.099	1.704.346	1.613.310	586.120	2.640.500
2009	774.642	731.777	299.830	1.163.724	1.622.400	1.690.797	663.607	2.717.987
2010	729.492	719.609	287.662	1.151.556	1.518.944	1.608.851	581.661	2.636.041
2011	700.305	674.459	242.512	1.106.406	1.669.291	1.505.395	478.205	2.532.585
2012	595.396	645.272	213.325	1.077.219	1.108.107	1.655.742	628.552	2.682.932
2013	562.877	540.363	108.416	972.310	1.199.491	1.094.558	67.368	2.121.748
2014	522.102	507.844	75.897	939.791	1.331.557	1.185.942	158.752	2.213.132

Continua...

Tabela 7. Continuação.

Ano	Área (ha)				Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	424.380	467.069	35.122	899.016	1.238.201	1.318.008	290.818	2.345.198
2016		369.347	-	801.294		1.224.652	197.462	2.251.842
2017		314.313	-	925.179		1.211.103	-	2.663.770
2018		259.280	-	1.007.434		1.197.554	-	2.976.700
2019		204.247	-	1.068.141		1.184.005	-	3.238.386
2020		149.214	-	1.115.077		1.170.456	-	3.467.323
2021		94.180	-	1.152.230		1.156.907	-	3.672.999
2022		39.147	-	1.181.972		1.143.358	-	3.861.048
2023		-	-	1.205.845		1.129.809	-	4.035.142
2024		-	-	1.224.922		1.116.260	-	4.197.831
2025		-	-	1.239.984		1.102.711	-	4.350.972
2026		-	-	1.251.620		1.089.162	-	4.495.967
2027		-	-	1.260.289		1.075.613	-	4.633.905
2028		-	-	1.266.355		1.062.064	-	4.765.651
2029		-	-	1.270.112		1.048.515	-	4.891.909
2030		-	-	1.271.805		1.034.966	-	5.013.257
2031		-	-	1.271.636		1.021.417	-	5.130.178
2032		-	-	1.269.778		1.007.868	-	5.243.082
2033		-	-	1.266.377		994.319	-	5.352.319
2034		-	-	1.261.561		980.770	-	5.458.189
2035		-	-	1.255.440		967.221	-	5.560.956
2036		-	-	1.248.111		953.672	-	5.660.849
2037		-	-	1.239.659		940.123	-	5.758.073
2038		-	-	1.230.160		926.574	-	5.852.806
2039		-	-	1.219.681		913.025	-	5.945.209
2040		-	-	1.208.283		899.476	-	6.035.428

Tabela 8. Café em grão. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1996	313.368				627.691			
1997	341.128	319.618	292.016	347.219	533.049	630.757	352.877	908.636
1998	367.180	353.045	325.443	380.646	858.533	591.083	313.203	868.962
1999	392.936	378.647	351.045	406.248	784.241	680.214	402.335	958.094
2000	402.035	404.325	376.723	431.926	785.801	830.826	552.947	1.108.706
2001	419.436	409.035	381.434	436.637	852.394	789.714	511.835	1.067.594
2002	440.357	428.624	401.022	456.225	619.641	819.721	541.842	1.097.601
2003	419.738	450.472	422.871	478.073	405.670	755.373	477.493	1.033.252
2004	416.309	418.909	391.308	446.510	550.688	530.835	252.956	808.715
2005	401.453	420.009	392.408	447.610	440.076	473.895	196.016	751.775
2006	413.855	402.142	374.541	429.744	625.548	507.094	229.215	784.974
2007	402.680	421.726	394.124	449.327	476.019	525.997	248.117	803.876
2008	402.250	404.339	376.738	431.941	655.584	564.931	287.051	842.810
2009	398.085	406.740	379.139	434.341	560.382	559.356	281.476	837.235
2010	415.293	401.591	373.990	429.192	750.382	618.731	340.851	896.610
2011	414.780	424.430	396.828	452.031	592.997	648.283	370.404	926.163
2012	420.250	419.248	391.647	446.849	802.640	686.329	408.449	964.208
2013	425.141	426.294	398.693	453.896	731.109	689.491	411.611	967.370
2014	429.240	431.033	403.431	458.634	757.622	776.141	498.262	1.054.021
2015	425.311	434.923	407.322	462.524	608.715	747.497	469.618	1.025.377
2016		428.879	401.278	456.480		697.277	419.398	975.157
2017		434.422	389.948	478.897		652.245	348.943	955.546
2018		440.486	382.768	498.204		682.370	313.749	1.050.990

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2019		446.687	377.969	515.405		670.213	268.357	1.072.068
2020		452.923	374.675	531.172		681.843	238.246	1.125.439
2021		459.170	372.416	545.924		680.091	204.245	1.155.937
2022		465.419	370.919	559.919		685.867	176.757	1.194.976
2023		471.668	370.009	573.327		687.408	148.719	1.226.097
2024		477.918	369.572	586.263		691.332	123.732	1.258.931
2025		484.168	369.524	598.811		693.915	99.278	1.288.552
2026		490.417	369.805	611.030		697.252	76.501	1.318.003
2027		496.667	370.367	622.967		700.165	54.493	1.345.838
2028		502.917	371.175	634.659		703.317	33.575	1.373.059
2029		509.166	372.198	646.134		706.335	13.400	1.399.270
2030		515.416	373.414	657.418		709.428	-	1.424.827
2031		521.666	374.803	668.529		712.479	-	1.449.645
2032		527.916	376.347	679.484		715.553	-	1.473.869
2033		534.165	378.033	690.298		718.614	-	1.497.502
2034		540.415	379.848	700.982		721.683	-	1.520.614
2035		546.665	381.783	711.546		724.747	-	1.543.231
2036		552.914	383.828	722.001		727.814	-	1.565.395
2037		559.164	385.975	732.353		730.879	-	1.587.131
2038		565.414	388.217	742.611		733.945	-	1.608.469
2039		571.664	390.547	752.780		737.011	-	1.629.433
2040		577.913	392.961	762.866		740.077	-	1.650.045

Tabela 9. Cana-de-açúcar. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	1.425.577				101.286.106			
1991	1.456.033	1.547.919	1.300.327	1.795.511	102.242.205	111.468.702	88.278.491	134.658.913
1992	1.471.632	1.535.302	1.287.710	1.782.894	108.629.924	109.326.954	86.136.742	132.517.165
1993	1.490.409	1.543.936	1.296.344	1.791.528	110.796.623	117.538.369	94.348.158	140.728.580
1994	1.620.544	1.564.203	1.316.611	1.811.795	125.676.446	118.287.837	95.097.626	141.478.049
1995	1.715.162	1.746.539	1.498.947	1.994.131	128.399.126	137.436.162	114.245.951	160.626.373
1996	1.886.547	1.824.508	1.576.916	2.072.100	142.023.913	136.077.014	112.886.803	159.267.225
1997	1.884.184	2.031.879	1.784.287	2.279.471	145.041.002	153.362.244	130.172.032	176.552.455
1998	1.969.275	1.948.068	1.700.476	2.195.660	148.973.394	152.817.739	129.627.528	176.007.951
1999	1.989.167	2.074.155	1.826.563	2.321.747	148.933.293	157.057.449	133.867.238	180.247.661
2000	1.939.997	2.063.484	1.815.892	2.311.076	140.574.626	155.683.562	132.493.351	178.873.773
2001	1.977.916	1.981.940	1.734.348	2.229.532	150.040.934	144.531.890	121.341.679	167.722.102
2002	2.083.469	2.060.683	1.813.091	2.308.275	158.779.972	159.983.032	136.792.821	183.173.244
2003	2.190.866	2.197.941	1.950.349	2.445.533	172.742.494	168.477.885	145.287.674	191.668.097
2004	2.314.027	2.306.202	2.058.610	2.553.794	183.058.246	184.194.221	161.004.010	207.384.432
2005	2.398.528	2.436.753	2.189.161	2.684.345	191.824.191	193.285.550	170.095.339	216.475.761
2006	2.657.881	2.503.131	2.255.539	2.750.723	213.464.088	201.531.139	178.340.927	224.721.350
2007	2.988.878	2.844.449	2.596.857	3.092.041	244.631.346	227.493.536	204.303.325	250.683.748
2008	3.507.994	3.209.030	2.961.438	3.456.622	291.257.384	261.859.658	238.669.447	285.049.870
2009	3.875.591	3.816.330	3.568.738	4.063.922	311.382.321	313.676.067	290.485.856	336.866.279
2010	3.908.442	4.112.900	3.865.308	4.360.492	326.697.876	324.903.113	301.712.902	348.093.324
2011	4.238.824	3.988.834	3.741.241	4.236.426	339.925.946	338.603.891	315.413.680	361.794.103
2012	4.343.009	4.458.688	4.211.096	4.706.280	341.679.276	351.131.077	327.940.865	374.321.288
2013	4.604.787	4.456.840	4.209.247	4.704.432	363.772.267	349.031.699	325.841.488	372.221.911
2014	4.745.830	4.792.492	4.544.900	5.040.084	350.129.146	377.953.844	354.763.633	401.144.055

Continua...

Tabela 9. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	4.745.120	4.876.938	4.629.346	5.124.530	362.012.386	352.312.126	329.121.914	375.502.337
2016		4.809.779	4.562.187	5.057.371		372.765.983	349.575.771	395.956.194
2017		4.905.082	4.465.142	5.345.021		383.140.295	344.444.991	421.835.599
2018		5.014.748	4.407.853	5.621.643		393.387.261	342.146.033	444.628.490
2019		5.131.148	4.379.435	5.882.861		403.591.470	341.835.986	465.346.954
2020		5.250.705	4.371.745	6.129.665		413.781.323	342.913.702	484.648.943
2021		5.371.741	4.379.165	6.364.317		423.966.355	344.987.948	502.944.763
2022		5.493.471	4.397.901	6.589.041		434.149.769	347.805.831	520.493.708
2023		5.615.526	4.425.365	6.805.687		444.332.640	351.199.718	537.465.562
2024		5.737.733	4.459.755	7.015.712		454.515.328	355.054.441	553.976.216
2025		5.860.012	4.499.781	7.220.243		464.697.955	359.287.885	570.108.026
2026		5.982.324	4.544.498	7.420.151		474.880.562	363.839.456	585.921.668
2027		6.104.652	4.593.190	7.616.115		485.063.162	368.663.070	601.463.253
2028		6.226.988	4.645.306	7.808.669		495.245.759	373.722.762	616.768.756
2029		6.349.327	4.700.410	7.998.244		505.428.355	378.989.843	631.866.867
2030		6.471.667	4.758.149	8.185.185		515.610.952	384.441.000	646.780.903
2031		6.594.008	4.818.238	8.369.779		525.793.548	390.056.982	661.530.114
2032		6.716.350	4.880.435	8.552.265		535.976.144	395.821.677	676.130.610
2033		6.838.692	4.944.542	8.732.841		546.158.740	401.721.440	690.596.040
2034		6.961.034	5.010.386	8.911.681		556.341.336	407.744.590	704.938.081
2035		7.083.375	5.077.822	9.088.929		566.523.932	413.881.042	719.166.822
2036		7.205.717	5.146.721	9.264.714		576.706.528	420.122.011	733.291.045
2037		7.328.059	5.216.972	9.439.146		586.889.124	426.459.793	747.318.455
2038		7.450.401	5.288.478	9.612.324		597.071.720	432.887.588	761.255.853
2039		7.572.743	5.361.153	9.784.333		607.254.316	439.399.354	775.109.279
2040		7.695.085	5.434.918	9.955.251		617.436.913	445.989.697	788.884.128

Tabela 10. Feijão. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	677.856				432.941			
1991	685.266	681.720	560.856	802.585	519.977	467.924	282.328	653.521
1992	665.854	695.300	574.436	816.165	482.579	533.768	348.172	719.364
1993	660.833	665.900	545.035	786.764	599.467	547.109	361.513	732.705
1994	717.852	678.159	557.295	799.024	623.101	601.166	415.569	786.762
1995	636.695	706.376	585.511	827.240	558.435	662.477	476.881	848.073
1996	447.361	649.051	528.186	769.915	419.484	634.320	448.723	819.916
1997	509.021	477.672	356.808	598.537	612.317	526.048	340.452	711.645
1998	516.063	519.387	398.522	640.252	629.862	582.836	397.240	768.432
1999	617.553	516.727	395.863	637.592	695.255	671.927	486.331	857.523
2000	541.026	600.224	479.359	721.088	708.710	717.454	531.858	903.050
2001	560.996	562.821	441.956	683.686	777.052	752.792	567.196	938.388
2002	593.293	565.224	444.360	686.089	890.439	798.396	612.799	983.992
2003	619.353	600.458	479.593	721.322	990.240	893.404	707.808	1.079.001
2004	582.155	626.286	505.421	747.150	796.009	998.759	813.163	1.184.355
2005	568.536	565.454	444.590	686.319	961.988	924.421	738.824	1.110.017
2006	637.107	594.781	473.916	715.645	939.646	943.751	758.154	1.129.347
2007	596.195	616.370	495.506	737.235	924.660	997.678	812.082	1.183.275
2008	676.258	604.873	484.009	725.738	1.094.125	980.163	794.566	1.165.759
2009	736.316	678.665	557.800	799.530	1.230.161	1.074.073	888.477	1.259.670
2010	729.052	739.361	618.497	860.226	1.234.041	1.223.794	1.038.198	1.409.391
2011	788.439	731.568	610.703	852.432	1.272.945	1.281.726	1.096.130	1.467.322
2012	797.473	778.428	657.563	899.293	1.320.485	1.306.099	1.120.503	1.491.695
2013	823.127	801.706	680.841	922.571	1.201.694	1.350.338	1.164.742	1.535.934
2014	847.258	800.391	679.526	921.255	1.388.800	1.299.148	1.113.551	1.484.744

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	774.463	866.583	745.719	987.448	1.307.528	1.361.808	1.176.212	1.547.404
2016		782.387	661.522	903.251		1.390.133	1.204.537	1.575.730
2017		791.684	629.332	954.036		1.405.725	1.190.113	1.621.337
2018		791.497	598.943	984.051		1.448.575	1.191.180	1.705.970
2019		797.484	576.777	1.018.192		1.480.375	1.192.873	1.767.877
2020		800.364	555.773	1.044.955		1.516.645	1.199.812	1.833.478
2021		804.659	537.859	1.071.459		1.551.109	1.208.225	1.893.993
2022		808.341	521.233	1.095.448		1.586.302	1.218.916	1.953.688
2023		812.281	506.135	1.118.427		1.621.201	1.230.960	2.011.442
2024		816.114	492.075	1.140.153		1.656.219	1.244.346	2.068.091
2025		819.991	478.986	1.160.996		1.691.188	1.258.782	2.123.595
2026		823.850	466.688	1.181.012		1.726.177	1.274.163	2.178.192
2027		827.716	455.096	1.200.337		1.761.159	1.290.354	2.231.964
2028		831.580	444.117	1.219.042		1.796.143	1.307.269	2.285.017
2029		835.444	433.688	1.237.201		1.831.126	1.324.827	2.337.425
2030		839.309	423.749	1.254.868		1.866.110	1.342.966	2.389.253
2031		843.173	414.255	1.272.091		1.901.093	1.361.631	2.440.556
2032		847.037	405.164	1.288.910		1.936.077	1.380.775	2.491.379
2033		850.901	396.442	1.305.361		1.971.060	1.400.358	2.541.762
2034		854.766	388.060	1.321.471		2.006.044	1.420.346	2.591.741
2035		858.630	379.991	1.337.269		2.041.027	1.440.709	2.641.345
2036		862.494	372.212	1.352.776		2.076.011	1.461.419	2.690.602
2037		866.359	364.704	1.368.014		2.110.994	1.482.453	2.739.535
2038		870.223	357.447	1.382.999		2.145.978	1.503.791	2.788.164
2039		874.087	350.427	1.397.747		2.180.961	1.525.412	2.836.510
2040		877.951	343.628	1.412.275		2.215.944	1.547.300	2.884.589

Tabela 11. Mandioca. Modelo: Arima(1,0,1) para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	258.001				2.718.691			
1991	249.812	255.885	209.848	301.922	2.772.162	2.714.043	2.015.368	3.412.719
1992	238.817	249.386	203.349	295.423	2.366.889	2.751.550	2.052.874	3.450.225
1993	240.350	239.172	193.135	285.209	2.539.939	2.472.290	1.773.614	3.170.965
1994	237.734	237.218	191.181	283.255	2.730.894	2.486.479	1.787.804	3.185.154
1995	258.036	235.757	189.720	281.794	2.945.293	2.672.516	1.973.841	3.371.191
1996	167.126	249.681	203.644	295.718	1.552.312	2.880.475	2.181.800	3.579.150
1997	170.191	189.720	143.683	235.757	1.860.332	1.929.028	1.230.353	2.627.703
1998	197.293	166.633	120.596	212.670	2.001.703	1.769.797	1.071.122	2.468.472
1999	188.068	187.046	141.009	233.082	2.085.120	1.956.945	1.258.270	2.655.620
2000	205.672	187.930	141.893	233.967	2.384.930	2.056.282	1.357.606	2.754.957
2001	212.825	198.068	152.031	244.105	2.353.982	2.296.650	1.597.975	2.995.325
2002	247.883	208.129	162.092	254.166	2.593.410	2.356.559	1.657.883	3.055.234
2003	223.934	235.422	189.385	281.458	2.633.620	2.521.717	1.823.041	3.220.392
2004	240.793	227.894	181.857	273.930	2.947.352	2.616.650	1.917.975	3.315.325
2005	245.039	233.396	187.359	279.433	3.032.592	2.855.248	2.156.573	3.553.923
2006	248.135	241.152	195.115	287.189	3.024.474	3.003.253	2.304.578	3.701.928
2007	246.887	244.568	198.531	290.605	3.137.498	3.020.780	2.322.104	3.719.455
2008	265.511	244.529	198.492	290.566	3.177.654	3.100.527	2.401.852	3.799.202
2009	241.740	257.623	211.586	303.660	2.845.479	3.160.699	2.462.024	3.859.374
2010	240.229	245.650	199.613	291.687	2.869.402	2.930.800	2.232.125	3.629.476
2011	237.318	237.944	191.907	283.981	3.055.023	2.856.906	2.158.231	3.555.581
2012	240.577	235.423	189.386	281.460	2.876.226	2.998.110	2.299.435	3.696.785
2013	218.959	236.965	190.928	283.002	2.464.121	2.919.416	2.220.740	3.618.091
2014	217.709	222.270	176.233	268.307	2.821.298	2.571.398	1.872.723	3.270.074

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	200.852	215.352	169.315	261.389	2.556.196	2.717.260	2.018.585	3.415.935
2016		202.838	156.801	248.875		2.623.093	1.924.418	3.321.768
2017		199.580	142.806	256.354		2.598.792	1.735.689	3.461.896
2018		197.782	130.129	265.434		2.599.543	1.570.972	3.628.114
2019		195.577	119.037	272.117		2.593.412	1.429.378	3.757.447
2020		193.485	108.870	278.101		2.589.172	1.302.182	3.876.162
2021		191.362	99.408	283.317		2.584.412	1.185.658	3.983.167
2022		189.248	90.491	288.005		2.579.795	1.077.460	4.082.131
2023		187.131	82.013	292.250		2.575.139	975.945	4.174.333
2024		185.015	73.898	296.132		2.570.494	879.975	4.261.013
2025		182.899	66.091	299.706		2.565.846	788.690	4.343.001
2026		180.783	58.549	303.016		2.561.198	701.437	4.420.959
2027		178.666	51.238	306.095		2.556.550	617.701	4.495.400
2028		176.550	44.130	308.970		2.551.902	537.066	4.566.739
2029		174.434	37.204	311.664		2.547.255	459.195	4.635.314
2030		172.318	30.440	314.195		2.542.607	383.806	4.701.408
2031		170.201	23.824	316.578		2.537.959	310.663	4.765.256
2032		168.085	17.343	318.828		2.533.311	239.564	4.827.059
2033		165.969	10.984	320.954		2.528.664	170.337	4.886.991
2034		163.853	4.739	322.967		2.524.016	102.832	4.945.200
2035		161.737	-	324.876		2.519.368	36.918	5.001.819
2036		159.620	-	326.687		2.514.721	-	5.056.962
2037		157.504	-	328.409		2.510.073	-	5.110.730
2038		155.388	-	330.046		2.505.425	-	5.163.215
2039		153.272	-	331.604		2.500.777	-	5.214.497
2040		151.155	-	333.088		2.496.130	-	5.264.649

Tabela 12. Milho. Modelo: Passeio aleatório [Arima(0,0,1)] para produção e para área.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	2.938.831				5.293.478			
1991	3.315.307	3.093.118	2.392.267	3.793.970	8.769.752	6.719.556	1.389.348	12.049.764
1992	3.347.032	3.469.594	2.768.743	4.170.446	8.504.603	10.195.830	4.865.622	15.526.038
1993	3.131.804	3.501.319	2.800.468	4.202.171	8.341.595	9.930.681	4.600.473	15.260.889
1994	3.430.245	3.286.091	2.585.240	3.986.943	9.160.347	9.767.673	4.437.465	15.097.881
1995	3.430.300	3.584.532	2.883.681	4.285.384	10.178.757	10.586.425	5.256.217	15.916.633
1996	3.116.338	3.584.587	2.883.736	4.285.439	9.841.723	11.604.835	6.274.627	16.935.043
1997	3.367.000	3.270.625	2.569.774	3.971.477	11.169.480	11.267.801	5.937.593	16.598.009
1998	2.850.621	3.521.287	2.820.436	4.222.139	8.645.316	12.595.558	7.265.350	17.925.766
1999	3.224.525	3.004.908	2.304.057	3.705.760	10.482.716	10.071.394	4.741.186	15.401.602
2000	3.204.924	3.378.812	2.677.961	4.079.664	10.833.172	11.908.794	6.578.586	17.239.002
2001	3.273.343	3.359.211	2.658.360	4.060.063	12.337.708	12.259.250	6.929.042	17.589.458
2002	3.167.722	3.427.630	2.726.779	4.128.482	11.869.097	13.763.786	8.433.578	19.093.994
2003	3.424.134	3.322.009	2.621.158	4.022.861	14.364.328	13.295.175	7.964.967	18.625.383
2004	3.460.625	3.578.421	2.877.570	4.279.273	14.696.879	15.790.406	10.460.198	21.120.614
2005	3.441.029	3.614.912	2.914.061	4.315.764	13.519.286	16.122.957	10.792.749	21.453.165
2006	3.573.723	3.595.316	2.894.465	4.296.168	14.182.596	14.945.364	9.615.156	20.275.572
2007	4.329.617	3.728.010	3.027.159	4.428.862	18.282.307	15.608.674	10.278.466	20.938.882
2008	4.591.408	4.483.904	3.783.053	5.184.756	21.884.790	19.708.385	14.378.177	25.038.593
2009	4.357.561	4.745.695	4.044.844	5.446.547	21.379.452	23.310.868	17.980.660	28.641.076
2010	4.477.346	4.511.848	3.810.997	5.212.700	21.540.677	22.805.530	17.475.322	28.135.738
2011	4.545.230	4.631.633	3.930.782	5.332.485	22.204.503	22.966.755	17.636.547	28.296.963
2012	5.783.050	4.699.517	3.998.666	5.400.369	34.321.294	23.630.581	18.300.373	28.960.789
2013	6.366.754	5.937.337	5.236.486	6.638.189	36.262.956	35.747.372	30.417.164	41.077.580
2014	6.719.283	6.521.041	5.820.190	7.221.893	38.553.245	37.689.034	32.358.826	43.019.242

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	6.796.011	6.873.570	6.172.719	7.574.422	40.945.422	39.979.323	34.649.115	45.309.531
2016		6.950.298	6.249.447	7.651.150		42.371.500	37.041.292	47.701.708
2017		7.104.585	6.113.432	8.095.739		43.797.578	36.259.525	51.335.630
2018		7.258.873	6.044.962	8.472.783		45.223.655	35.991.464	54.455.847
2019		7.413.160	6.011.457	8.814.862		46.649.733	35.989.317	57.310.150
2020		7.567.447	6.000.296	9.134.598		48.075.811	36.157.103	59.994.519
2021		7.721.734	6.005.006	9.438.462		49.501.889	36.445.598	62.558.179
2022		7.876.021	6.021.743	9.730.300		50.927.966	36.825.561	65.030.372
2023		8.030.309	6.048.002	10.012.616		52.354.044	37.277.939	67.430.150
2024		8.184.596	6.082.042	10.287.150		53.780.122	37.789.497	69.770.747
2025		8.338.883	6.122.596	10.555.170		55.206.200	38.350.601	72.061.798
2026		8.493.170	6.168.709	10.817.631		56.632.277	38.953.977	74.310.578
2027		8.647.457	6.219.637	11.075.278		58.058.355	39.593.972	76.522.738
2028		8.801.745	6.274.789	11.328.700		59.484.433	40.266.094	78.702.772
2029		8.956.032	6.333.686	11.578.377		60.910.511	40.966.698	80.854.324
2030		9.110.319	6.395.933	11.824.705		62.336.588	41.692.781	82.980.396
2031		9.264.606	6.461.201	12.068.012		63.762.666	42.441.833	85.083.499
2032		9.418.893	6.529.209	12.308.577		65.188.744	43.211.732	87.165.755
2033		9.573.181	6.599.720	12.546.641		66.614.822	44.000.663	89.228.980
2034		9.727.468	6.672.528	12.782.408		68.040.899	44.807.060	91.274.738
2035		9.881.755	6.747.453	13.016.057		69.466.977	45.629.561	93.304.393
2036		10.036.042	6.824.338	13.247.746		70.893.055	46.466.972	95.319.138
2037		10.190.329	6.903.045	13.477.614		72.319.133	47.318.240	97.320.025
2038		10.344.617	6.983.452	13.705.782		73.745.210	48.182.430	99.307.991
2039		10.498.904	7.065.448	13.932.360		75.171.288	49.058.707	101.283.869
2040		10.653.191	7.148.934	14.157.448		76.597.366	49.946.325	103.248.407

Tabela 13. Soja. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	4.775.585				7.278.359			
1991	3.765.779	5.193.677	3.878.787	6.508.568	8.002.706	8.768.029	5.506.884	12.029.174
1992	4.079.966	3.973.765	2.658.874	5.288.655	8.949.991	9.025.185	5.764.040	12.286.330
1993	4.697.657	4.415.410	3.100.519	5.730.301	10.148.234	10.485.603	7.224.459	13.746.748
1994	5.336.852	5.089.979	3.775.088	6.404.869	12.259.123	11.768.648	8.507.503	15.029.793
1995	5.629.991	5.857.055	4.542.164	7.171.945	12.158.987	13.738.564	10.477.420	16.999.709
1996	4.634.027	5.818.934	4.504.043	7.133.825	10.596.141	13.857.898	10.596.753	17.119.043
1997	5.094.253	4.526.471	3.211.580	5.841.361	12.747.597	12.000.038	8.738.893	15.261.183
1998	6.175.999	5.607.012	4.292.121	6.921.903	15.163.357	14.146.064	10.884.919	17.407.208
1999	6.135.342	6.770.686	5.455.796	8.085.577	15.956.508	16.776.480	13.515.336	20.037.625
2000	6.581.308	6.423.563	5.108.672	7.738.453	17.933.153	17.370.098	14.108.953	20.631.243
2001	6.890.036	7.068.832	5.753.942	8.383.723	18.648.982	19.354.411	16.093.266	22.615.556
2002	8.108.031	7.193.048	5.878.157	8.507.938	22.324.095	20.220.344	16.959.200	23.481.489
2003	9.214.017	8.886.957	7.572.066	10.201.847	25.310.556	23.786.944	20.525.799	27.048.089
2004	10.729.652	9.889.459	8.574.569	11.204.350	27.425.697	26.840.007	23.578.862	30.101.152
2005	11.614.852	11.314.391	9.999.501	12.629.282	30.920.895	29.268.357	26.007.212	32.529.502
2006	10.979.312	12.344.595	11.029.704	13.659.486	27.280.259	32.275.111	29.013.966	35.536.256
2007	9.800.241	10.610.483	9.295.592	11.925.374	27.733.574	29.175.088	25.913.943	32.436.232
2008	10.218.731	9.958.365	8.643.475	11.273.256	30.917.929	28.730.287	25.469.143	31.991.432
2009	10.543.729	10.871.400	9.556.509	12.186.291	30.784.142	32.129.413	28.868.268	35.390.557
2010	11.244.660	10.730.339	9.415.448	12.045.230	33.195.840	32.501.809	29.240.664	35.762.954
2011	11.491.551	11.811.000	10.496.109	13.125.890	35.044.587	34.651.508	31.390.363	37.912.653
2012	12.018.330	11.946.849	10.631.958	13.261.740	36.562.618	36.404.192	33.143.047	39.665.337
2013	13.348.253	12.448.278	11.133.387	13.763.168	38.061.123	38.092.759	34.831.614	41.353.903
2014	14.458.818	13.834.098	12.519.208	15.148.989	41.762.862	39.927.954	36.666.809	43.189.098

Continua...

Tabela 13. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	15.227.892	15.233.590	13.918.700	16.548.481	44.520.103	43.176.730	39.915.586	46.437.875
2016		15.847.027	14.532.137	17.161.918		45.947.310	42.686.165	49.208.455
2017		16.271.144	14.054.608	18.487.680		47.530.717	42.983.756	52.077.677
2018		16.702.649	13.827.985	19.577.312		49.007.492	43.329.384	54.685.600
2019		17.119.935	13.696.096	20.543.774		50.504.849	43.899.807	57.109.890
2020		17.539.032	13.642.421	21.435.643		51.992.921	44.567.436	59.418.406
2021		17.956.977	13.638.192	22.275.762		53.483.271	45.320.851	61.645.690
2022		18.375.153	13.671.995	23.078.310		54.972.767	46.134.030	63.811.505
2023		18.793.227	13.734.764	23.851.690		56.462.500	46.995.779	65.929.221
2024		19.211.327	13.820.937	24.601.717		57.952.152	47.896.540	68.007.764
2025		19.629.417	13.926.381	25.332.453		59.441.828	48.829.968	70.053.688
2026		20.047.510	14.048.101	26.046.919		60.931.496	49.791.122	72.071.869
2027		20.465.602	14.183.786	26.747.418		62.421.166	50.776.243	74.066.089
2028		20.883.694	14.331.632	27.435.757		63.910.836	51.782.334	76.039.338
2029		21.301.787	14.490.192	28.113.381		65.400.506	52.806.980	77.994.031
2030		21.719.879	14.658.284	28.781.474		66.890.175	53.848.196	79.932.154
2031		22.137.971	14.834.929	29.441.013		68.379.845	54.904.329	81.855.361
2032		22.556.064	15.019.305	30.092.822		69.869.515	55.973.981	83.765.049
2033		22.974.156	15.210.714	30.737.598		71.359.185	57.055.962	85.662.408
2034		23.392.248	15.408.557	31.375.940		72.848.854	58.149.245	87.548.464
2035		23.810.340	15.612.314	32.008.366		74.338.524	59.252.941	89.424.108
2036		24.228.433	15.821.535	32.635.331		75.828.194	60.366.268	91.290.120
2037		24.646.525	16.035.820	33.257.230		77.317.864	61.488.540	93.147.187
2038		25.064.617	16.254.819	33.874.415		78.807.533	62.619.149	94.995.918
2039		25.482.710	16.478.220	34.487.199		80.297.203	63.757.550	96.836.856
2040		25.900.802	16.705.741	35.095.863		81.786.873	64.903.258	98.670.488

Tabela 14. Sorgo. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	63.036				110.672			
1991	101.584	84.972	-	201.701	149.841	180.717	-	463.874
1992	63.752	119.684	-	236.413	125.408	224.484	-	507.641
1993	82.091	93.562	-	210.291	155.701	228.212	-	511.369
1994	110.274	139.528	22.799	256.257	210.355	367.314	84.157	650.471
1995	100.378	160.527	43.798	277.256	183.478	392.051	108.894	675.208
1996	157.981	120.159	3.429	236.888	296.975	263.878	-19.279	547.035
1997	223.427	195.937	79.208	312.666	441.397	427.555	144.398	710.712
1998	291.979	221.100	104.370	337.829	494.921	418.030	134.873	701.187
1999	347.662	286.866	170.137	403.595	432.858	494.234	211.077	777.391
2000	479.799	352.411	235.681	469.140	626.464	501.889	218.732	785.046
2001	408.463	479.042	362.313	595.771	696.600	623.746	340.589	906.902
2002	423.046	459.944	343.215	576.673	617.656	829.852	546.695	1.113.009
2003	600.276	600.067	483.337	716.796	1.478.412	1.301.620	1.018.463	1.584.777
2004	771.008	688.255	571.526	804.985	1.821.790	1.590.949	1.307.792	1.874.106
2005	638.055	657.502	540.772	774.231	1.227.071	1.374.339	1.091.182	1.657.496
2006	584.843	642.958	526.229	759.687	1.361.495	1.390.246	1.107.089	1.673.403
2007	536.477	572.203	455.474	688.932	1.188.660	1.247.204	964.047	1.530.361
2008	686.360	657.020	540.291	773.749	1.713.680	1.668.787	1.385.630	1.951.944
2009	672.474	764.407	647.678	881.136	1.628.622	1.892.724	1.609.567	2.175.881
2010	548.234	599.826	483.096	716.555	1.327.462	1.389.840	1.106.683	1.672.996
2011	628.727	622.238	505.508	738.967	1.668.596	1.645.726	1.362.569	1.928.882
2012	599.509	653.008	536.279	769.737	1.786.503	1.681.669	1.398.513	1.964.826
2013	662.342	626.241	509.512	742.971	1.858.692	1.833.085	1.549.928	2.116.242
2014	722.648	671.548	554.819	788.277	2.030.965	1.901.091	1.617.934	2.184.248

Continua...

Tabela 14. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	611.425	668.057	551.328	784.786	1.861.805	1.804.779	1.521.622	2.087.936
2016		567.081	450.352	683.811		1.708.806	1.425.649	1.991.963
2017		671.039	527.208	814.870		2.123.480	1.806.782	2.440.178
2018		697.343	550.483	844.203		2.129.784	1.755.785	2.503.783
2019		654.730	496.567	812.892		1.988.318	1.591.013	2.385.623
2020		674.010	459.351	888.668		2.090.783	1.619.433	2.562.133
2021		678.705	420.220	937.191		2.085.451	1.563.663	2.607.238
2022		725.013	433.651	1.016.375		2.262.215	1.705.191	2.819.238
2023		752.898	438.824	1.066.972		2.328.806	1.755.212	2.902.401
2024		759.982	425.488	1.094.476		2.348.683	1.754.903	2.942.463
2025		785.887	425.243	1.146.532		2.443.425	1.817.345	3.069.506
2026		800.993	416.959	1.185.028		2.481.921	1.828.299	3.135.543
2027		829.099	423.157	1.235.041		2.582.105	1.902.095	3.262.116
2028		853.166	427.600	1.278.731		2.652.481	1.951.025	3.353.937
2029		870.903	427.187	1.314.620		2.708.110	1.985.662	3.430.559
2030		895.142	432.553	1.357.731		2.789.529	2.043.939	3.535.119
2031		914.526	434.188	1.394.864		2.847.439	2.080.356	3.614.521
2032		938.046	440.468	1.435.623		2.926.231	2.137.765	3.714.697
2033		960.699	446.643	1.474.756		2.996.637	2.188.229	3.805.046
2034		981.296	451.501	1.511.092		3.062.015	2.234.254	3.889.776
2035		1.004.240	458.806	1.549.673		3.136.710	2.289.370	3.984.051
2036		1.025.271	464.774	1.585.767		3.202.332	2.336.188	4.068.475
2037		1.047.629	472.403	1.622.854		3.275.012	2.390.238	4.159.787
2038		1.069.815	480.251	1.659.378		3.345.265	2.442.446	4.248.084
2039		1.091.291	487.808	1.694.775		3.413.682	2.493.233	4.334.131
2040		1.113.626	496.439	1.730.813		3.485.527	2.547.595	4.423.458

Tabela 15. Trigo. Modelo: Espaço de Estados para séries de produção e área em diferença.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	155.757				163.189			
1991	73.277	155.216	98.805	211.627	105.075	175.415	33.525	317.305
1992	111.799	100.265	43.854	156.676	98.266	109.809	-	251.698
1993	68.607	84.862	28.451	141.273	86.588	110.683	-	252.573
1994	66.424	85.604	29.193	142.015	84.892	95.731	-	237.621
1995	26.755	63.276	6.865	119.687	38.117	96.163	-	238.053
1996	42.204	32.944	-	89.355	79.465	45.131	-	187.020
1997	31.920	40.177	-	96.588	72.075	94.143	-	236.033
1998	34.913	31.812	-	88.223	67.713	82.686	-	224.576
1999	50.992	28.231	-	84.642	95.058	79.000	-	220.890
2000	67.059	45.082	-	101.493	68.443	108.858	-	250.748
2001	74.795	47.533	-	103.944	141.955	78.772	-	220.662
2002	93.339	85.152	28.741	141.563	142.220	158.423	16.533	300.312
2003	94.398	79.230	22.819	135.641	241.569	154.368	12.478	296.258
2004	142.030	114.968	58.557	171.379	352.129	259.457	117.567	401.346
2005	122.432	139.689	83.278	196.100	285.390	372.425	230.535	514.315
2006	83.440	112.488	56.077	168.899	205.207	291.847	149.957	433.736
2007	70.715	80.821	24.410	137.232	202.615	210.096	68.207	351.986
2008	112.201	73.167	16.756	129.578	338.932	213.447	71.557	355.336
2009	116.844	119.760	63.349	176.171	312.143	360.662	218.772	502.552
2010	92.892	103.588	47.177	159.999	293.087	322.047	180.158	463.937
2011	76.251	97.393	40.982	153.804	228.594	302.453	160.563	444.343
2012	66.925	65.240	8.829	121.651	219.848	235.302	93.413	377.192
2013	56.125	65.945	9.534	122.356	151.990	230.407	88.517	372.297
2014	107.508	41.036	-	97.447	356.125	158.693	16.804	300.583

Continua...

Tabela 15. Continuação.

Ano	Área (ha)			Produção (t)				
	Observação	Projeção	Linf	Lsup	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2015	142.231	126.718	70.307	183.129	468.839	382.575	240.686	524.465
2016		147.569	91.158	203.980		488.806	346.916	630.695
2017		145.733	64.822	226.644		501.743	293.330	710.155
2018		146.087	46.143	246.031		513.967	254.987	772.948
2019		145.051	29.374	260.727		526.226	225.076	827.376
2020		144.792	15.202	274.381		538.436	200.303	876.569
2021		144.091	1.995	286.187		550.671	179.235	922.107
2022		143.640	-	297.252		562.892	160.894	964.890
2023		143.048	-	307.356		575.121	144.730	1.005.512
2024		142.536	-	316.893		587.345	130.320	1.044.370
2025		141.979	-	325.832		599.572	117.382	1.081.762
2026		141.447	-	334.331		611.798	105.693	1.117.903
2027		140.901	-	342.411		624.024	95.084	1.152.964
2028		140.362	-	350.145		636.250	85.421	1.187.079
2029		139.820	-	357.560		648.476	76.595	1.220.357
2030		139.280	-	364.697		660.702	68.517	1.252.887
2031		138.738	-	371.580		672.928	61.112	1.284.743
2032		138.197	-	378.234		685.154	54.318	1.315.989
2033		137.656	-	384.678		697.380	48.081	1.346.678
2034		137.115	-	390.930		709.606	42.355	1.376.856
2035		136.574	-	397.005		721.832	37.099	1.406.564
2036		136.033	-	402.916		734.058	32.279	1.435.837
2037		135.492	-	408.674		746.284	27.863	1.464.705
2038		134.951	-	414.291		758.510	23.823	1.493.196
2039		134.410	-	419.774		770.736	20.136	1.521.335
2040		133.869	-	425.134		782.962	16.780	1.549.144

Tabela 16. Leite. Modelo: Arima(1,0,1) para produção.

Ano	Produção (mil litros)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	4.172.437			
1991	4.356.719	4.406.925	3.874.974	4.938.876
1992	4.621.695	4.597.686	4.065.735	5.129.637
1993	4.755.338	4.852.248	4.320.297	5.384.199
1994	4.797.256	5.002.841	4.470.890	5.534.792
1995	4.928.262	5.056.598	4.524.647	5.588.549
1996	6.087.476	5.176.105	4.644.154	5.708.056
1997	5.903.764	6.202.613	5.670.662	6.734.564
1998	6.100.088	6.192.227	5.660.276	6.724.178
1999	6.250.991	6.339.501	5.807.550	6.871.452
2000	6.400.123	6.496.266	5.964.315	7.028.217
2001	6.633.157	6.645.627	6.113.676	7.177.578
2002	6.931.755	6.867.832	6.335.881	7.399.783
2003	7.052.340	7.157.968	6.626.017	7.689.919
2004	7.326.787	7.301.528	6.769.577	7.833.479
2005	7.651.274	7.556.117	7.024.166	8.088.068
2006	7.635.134	7.874.146	7.342.195	8.406.097
2007	7.762.064	7.901.969	7.370.018	8.433.920
2008	8.171.607	8.010.434	7.478.483	8.542.384
2009	8.509.912	8.383.501	7.851.550	8.915.452
2010	9.056.159	8.731.000	8.199.049	9.262.951
2011	9.594.284	9.250.409	8.718.458	9.782.360
2012	9.861.744	9.789.582	9.257.631	10.321.533
2013	10.227.182	10.091.976	9.560.025	10.623.927
2014	10.165.396	10.444.768	9.912.817	10.976.719
2015	9.981.747	10.438.122	9.906.171	10.970.073
2016		10.270.202	9.738.251	10.802.153
2017		10.497.724	9.792.307	11.203.141
2018		10.733.110	9.884.261	11.581.959
2019		10.967.482	9.996.711	11.938.253
2020		11.201.984	10.122.916	12.281.053
2021		11.436.470	10.259.031	12.613.909
2022		11.670.958	10.402.755	12.939.160
2023		11.905.445	10.552.555	13.258.336

Continua...

Tabela 16. Continuação.

Ano	Produção (mil litros)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2024		12.139.933	10.707.352	13.572.514
2025		12.374.420	10.866.354	13.882.487
2026		12.608.908	11.028.959	14.188.857
2027		12.843.395	11.194.695	14.492.096
2028		13.077.883	11.363.185	14.792.581
2029		13.312.371	11.534.123	15.090.618
2030		13.546.858	11.707.255	15.386.462
2031		13.781.346	11.882.368	15.680.323
2032		14.015.833	12.059.282	15.972.384
2033		14.250.321	12.237.843	16.262.799
2034		14.484.808	12.417.916	16.551.700
2035		14.719.296	12.599.386	16.839.206
2036		14.953.783	12.782.150	17.125.417
2037		15.188.271	12.966.117	17.410.425
2038		15.422.758	13.151.207	17.694.310
2039		15.657.246	13.337.350	17.977.143
2040		15.891.734	13.524.479	18.258.988

Tabela 17. Efetivo do rebanho de bovinos. Modelo: Arima(1,0,1) para efetivo.

Ano	Efetivo rebanho (cabeças)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	55.904.172			
1991	57.877.590	56.711.368	54.179.784	59.242.952
1992	58.727.026	59.185.847	56.654.263	61.717.431
1993	61.322.312	59.552.370	57.020.786	62.083.954
1994	62.103.755	62.897.752	60.366.168	65.429.336
1995	62.502.379	62.899.886	60.368.302	65.431.470
1996	59.658.720	63.134.034	60.602.450	65.665.618
1997	60.379.896	58.897.345	56.365.760	61.428.929
1998	62.041.068	61.150.134	58.618.550	63.681.718
1999	62.507.863	63.215.170	60.683.586	65.746.755
2000	63.653.705	63.168.807	60.637.223	65.700.392
2001	65.283.814	64.606.398	62.074.814	67.137.983
2002	68.381.439	66.444.570	63.912.986	68.976.154

Continua...

Tabela 17. Continuação.

Ano	Efetivo rebanho (cabeças)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2003	71.664.957	70.172.706	67.641.122	72.704.290
2004	72.684.317	73.536.092	71.004.508	76.067.676
2005	72.990.225	73.582.668	71.051.084	76.114.252
2006	71.722.926	73.582.045	71.050.461	76.113.629
2007	70.034.065	71.638.826	69.107.242	74.170.410
2008	69.802.676	69.768.843	67.237.259	72.300.427
2009	70.889.658	70.163.649	67.632.065	72.695.233
2010	72.455.820	71.817.063	69.285.478	74.348.647
2011	73.353.159	73.589.102	71.057.518	76.120.686
2012	73.528.085	74.199.084	71.667.500	76.730.669
2013	72.901.736	74.063.629	71.532.045	76.595.213
2014	72.890.197	73.093.017	70.561.432	75.624.601
2015	74.180.472	73.345.628	70.814.043	75.877.212
2016		75.195.220	72.663.636	77.726.805
2017		76.091.590	71.674.803	80.508.377
2018		76.937.099	70.919.776	82.954.422
2019		77.760.756	70.372.274	85.149.238
2020		78.575.024	69.989.089	87.160.960
2021		79.385.259	69.732.669	89.037.848
2022		80.193.760	69.574.560	90.812.960
2023		81.001.517	69.494.000	92.509.034
2024		81.808.954	69.475.886	94.142.022
2025		82.616.253	69.509.103	95.723.403
2026		83.423.493	69.585.321	97.261.666
2027		84.230.708	69.698.168	98.763.249
2028		85.037.912	69.842.672	100.233.153
2029		85.845.112	70.014.878	101.675.346
2030		86.652.309	70.211.584	103.093.034
2031		87.459.506	70.430.159	104.488.853
2032		88.266.702	70.668.409	105.864.994
2033		89.073.898	70.924.486	107.223.310
2034		89.881.094	71.196.811	108.565.376
2035		90.688.290	71.484.028	109.892.552
2036		91.495.485	71.784.957	111.206.014
2037		92.302.681	72.098.568	112.506.795
2038		93.109.877	72.423.953	113.795.802
2039		93.917.073	72.760.307	115.073.839
2040		94.724.269	73.106.915	116.341.623

Tabela 18. Carne bovina. Modelo: Arima(1,0,1) para produção.

Ano	Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
1990	2.391.525			
1991	2.475.945	2.426.056	2.317.757	2.534.354
1992	2.512.283	2.531.911	2.423.613	2.640.210
1993	2.623.307	2.547.591	2.439.292	2.655.889
1994	2.656.737	2.690.703	2.582.404	2.799.002
1995	2.673.789	2.690.794	2.582.496	2.799.093
1996	2.552.140	2.700.811	2.592.512	2.809.109
1997	2.582.992	2.519.570	2.411.271	2.627.868
1998	2.654.055	2.615.942	2.507.643	2.724.240
1999	2.674.024	2.704.282	2.595.983	2.812.580
2000	2.723.042	2.702.298	2.594.000	2.810.597
2001	2.792.776	2.763.797	2.655.498	2.872.096
2002	2.925.290	2.842.432	2.734.134	2.950.731
2003	3.065.755	3.001.918	2.893.620	3.110.217
2004	3.109.362	3.145.800	3.037.502	3.254.099
2005	3.122.449	3.147.793	3.039.494	3.256.092
2006	3.068.235	3.147.766	3.039.468	3.256.065
2007	2.995.987	3.064.637	2.956.339	3.172.936
2008	2.986.089	2.984.641	2.876.343	3.092.940
2009	3.032.589	3.001.531	2.893.232	3.109.829
2010	3.099.588	3.072.262	2.963.963	3.180.561
2011	3.137.975	3.148.068	3.039.770	3.256.367
2012	3.145.458	3.174.163	3.065.864	3.282.461
2013	3.118.663	3.168.368	3.060.069	3.276.667
2014	3.118.170	3.126.846	3.018.548	3.235.145
2015	3.173.366	3.137.653	3.029.354	3.245.951
2016		3.216.776	3.108.478	3.325.075
2017		3.255.122	3.066.176	3.444.068
2018		3.291.292	3.033.877	3.548.707
2019		3.326.527	3.010.456	3.642.599
2020		3.361.361	2.994.063	3.728.659
2021		3.396.022	2.983.094	3.808.950
2022		3.430.609	2.976.330	3.884.888
2023		3.465.164	2.972.884	3.957.444

Tabela 18. Continuação.

Ano	Produção (t)			
	Observação	Projeção	Linf	Lsup
2024		3.499.705	2.972.109	4.027.302
2025		3.534.241	2.973.530	4.094.951
2026		3.568.774	2.976.790	4.160.757
2027		3.603.305	2.981.618	4.224.993
2028		3.637.837	2.987.800	4.287.874
2029		3.672.368	2.995.166	4.349.570
2030		3.706.899	3.003.581	4.410.217
2031		3.741.430	3.012.932	4.469.929
2032		3.775.961	3.023.124	4.528.799
2033		3.810.492	3.034.079	4.586.906
2034		3.845.023	3.045.728	4.644.318
2035		3.879.554	3.058.015	4.701.093
2036		3.914.085	3.070.889	4.757.282
2037		3.948.616	3.084.305	4.812.928
2038		3.983.147	3.098.224	4.868.071
2039		4.017.678	3.112.613	4.922.744
2040		4.052.209	3.127.441	4.976.978

Tabela 19. Produtividade de um passo à frente para as culturas selecionadas.

Produto	Produtividade	Linf	Lsup
Algodão	3,85	2,03	7,49
Arroz	3,32	0,32	66,77
Café em grão	1,63	0,92	2,43
Cana-de-açúcar	77,50	69,12	86,79
Feijão	1,78	1,33	2,38
Mandioca	12,93	7,73	21,18
Milho	6,10	4,84	7,63
Soja	2,90	2,49	3,39
Sorgo	3,01	2,08	4,42
Trigo	3,31	1,70	6,92

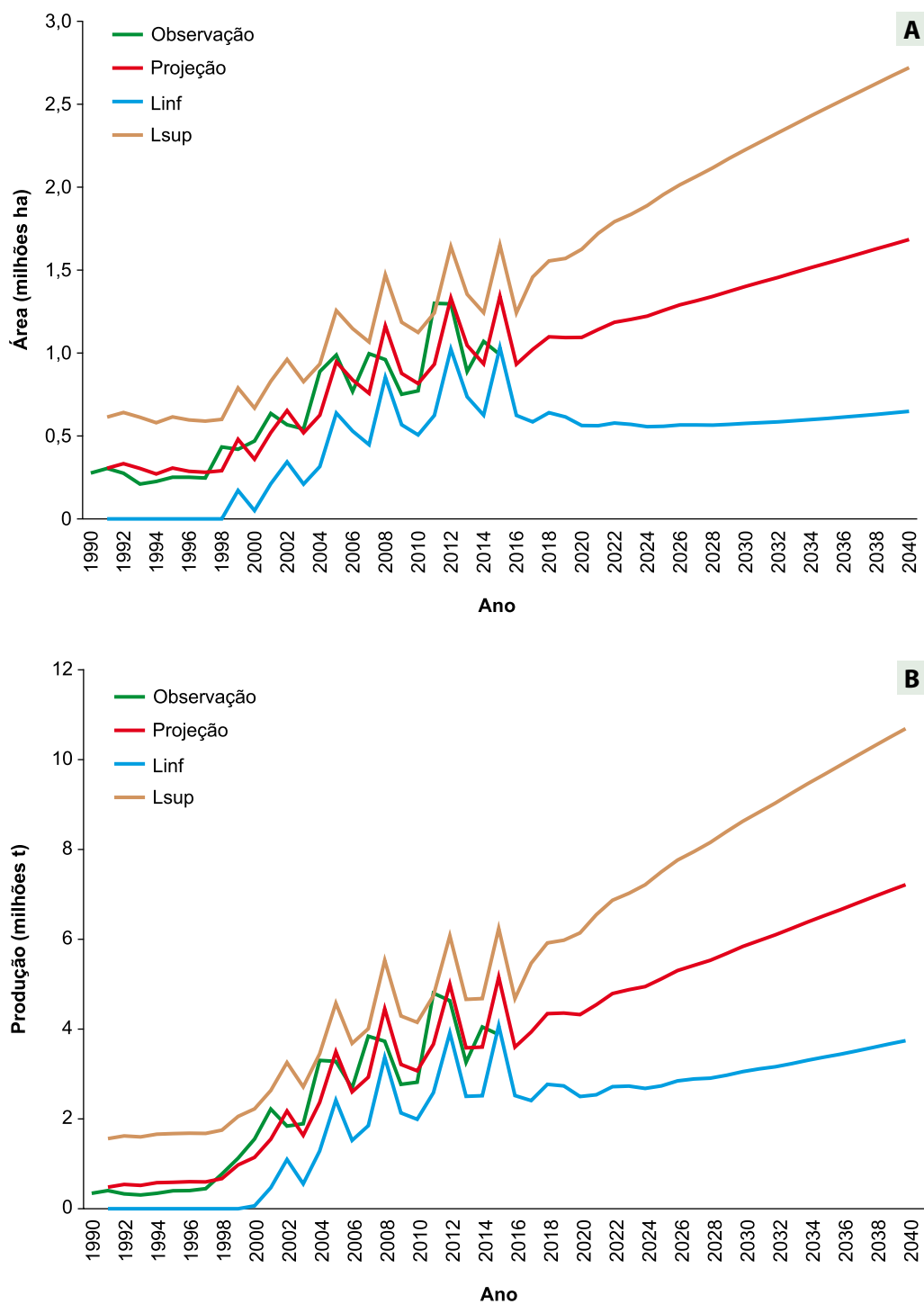


Figura 2. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de algodão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

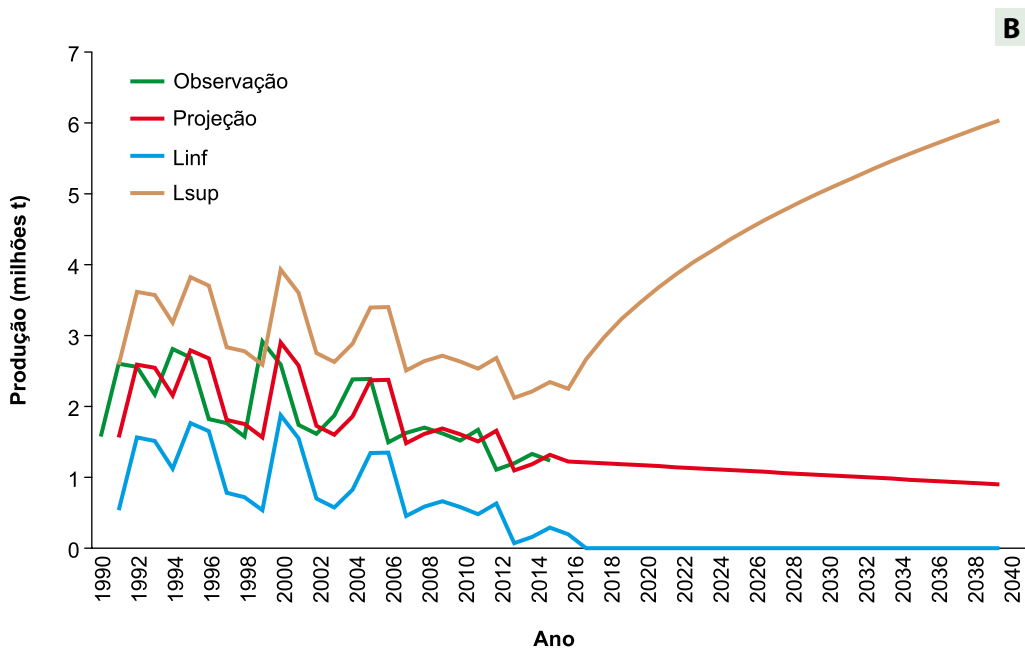
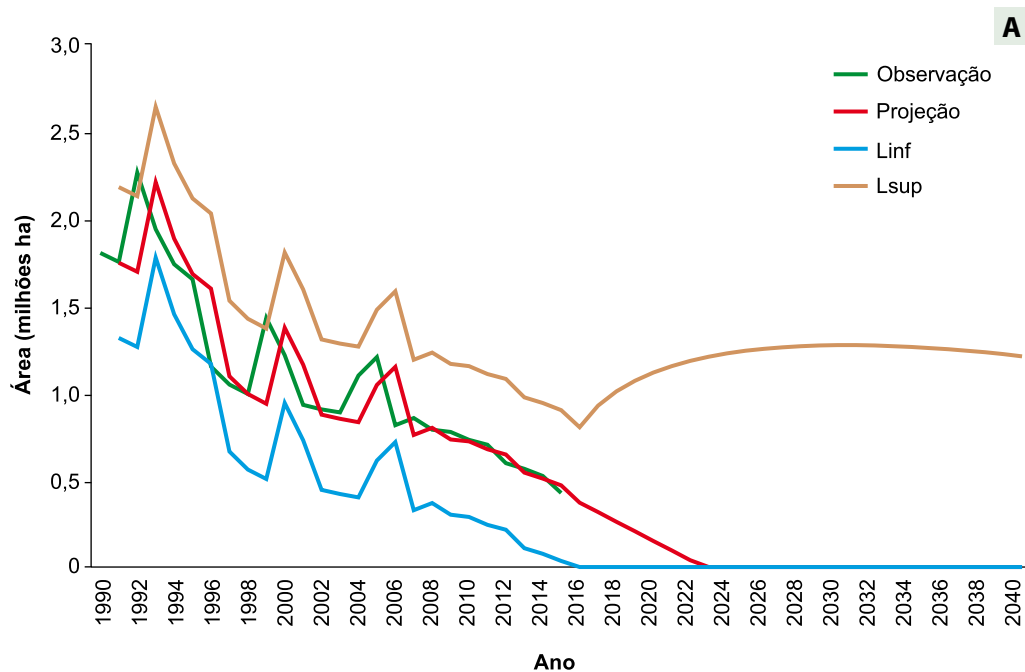


Figura 3. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de arroz no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

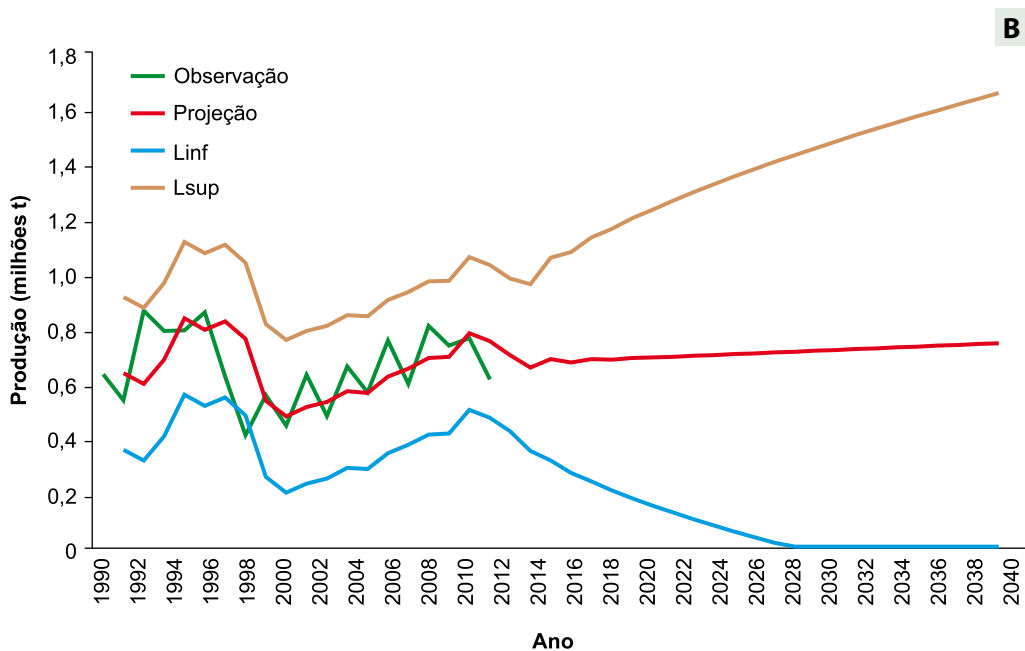
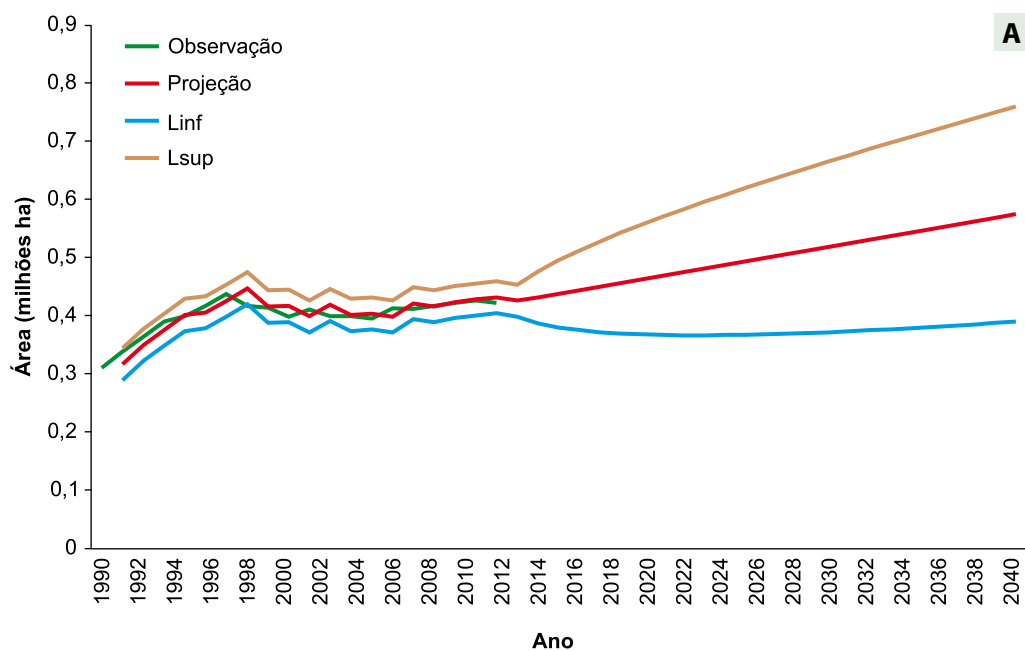


Figura 4. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de café em grão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

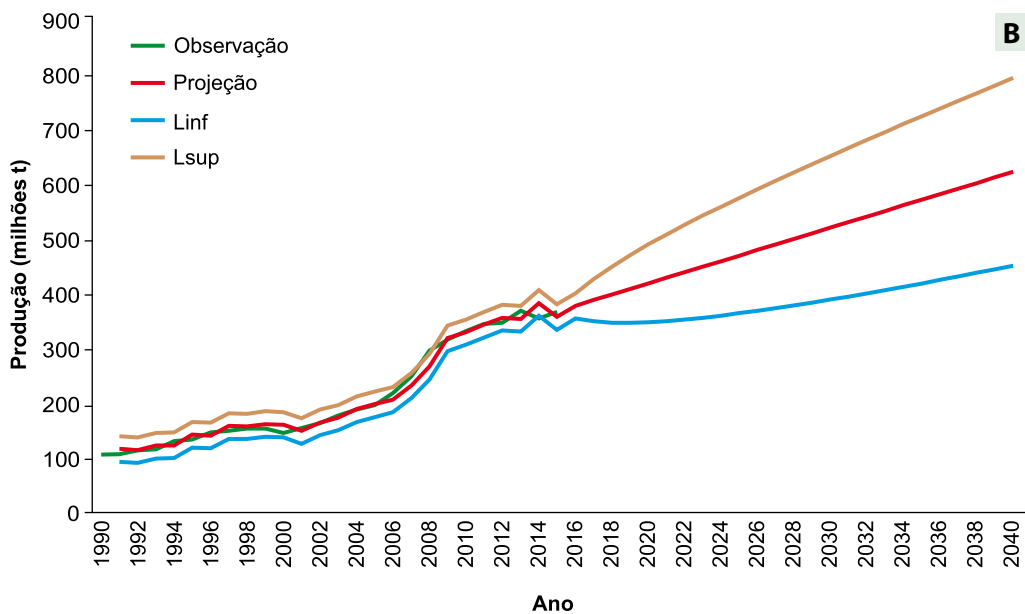
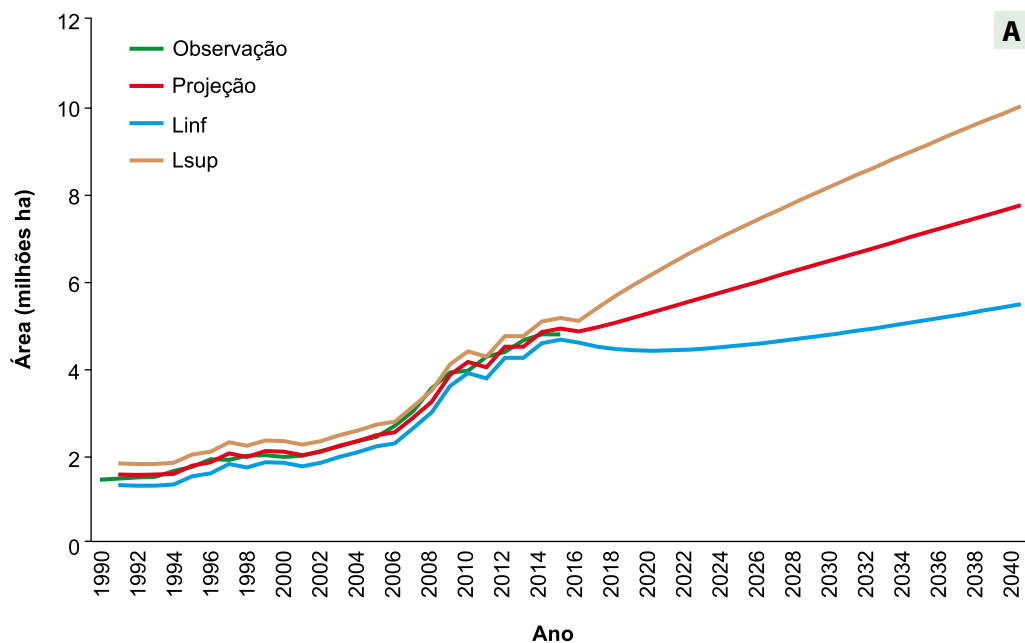


Figura 5. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de cana-de-açúcar, no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

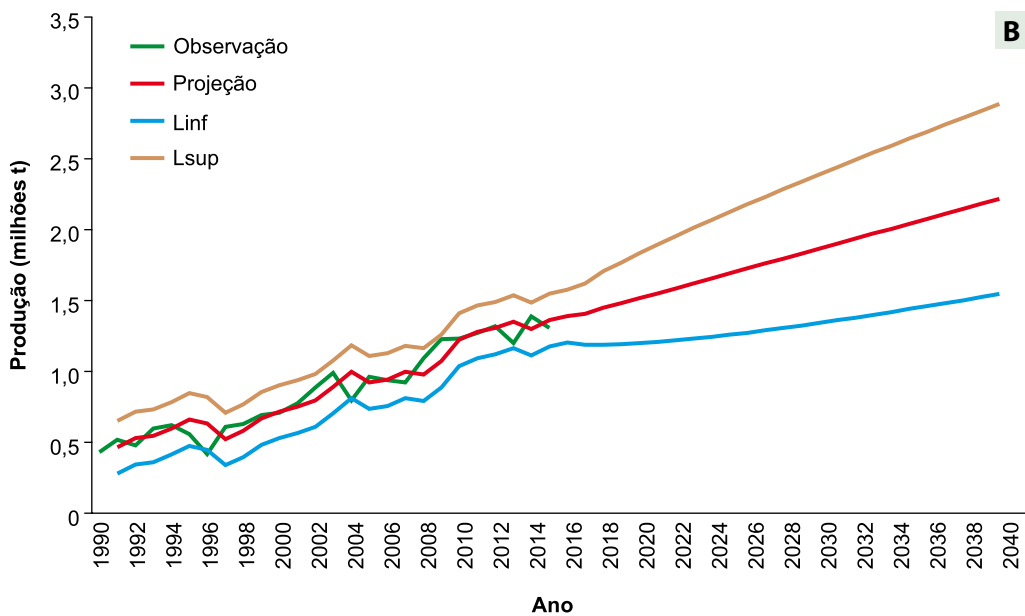
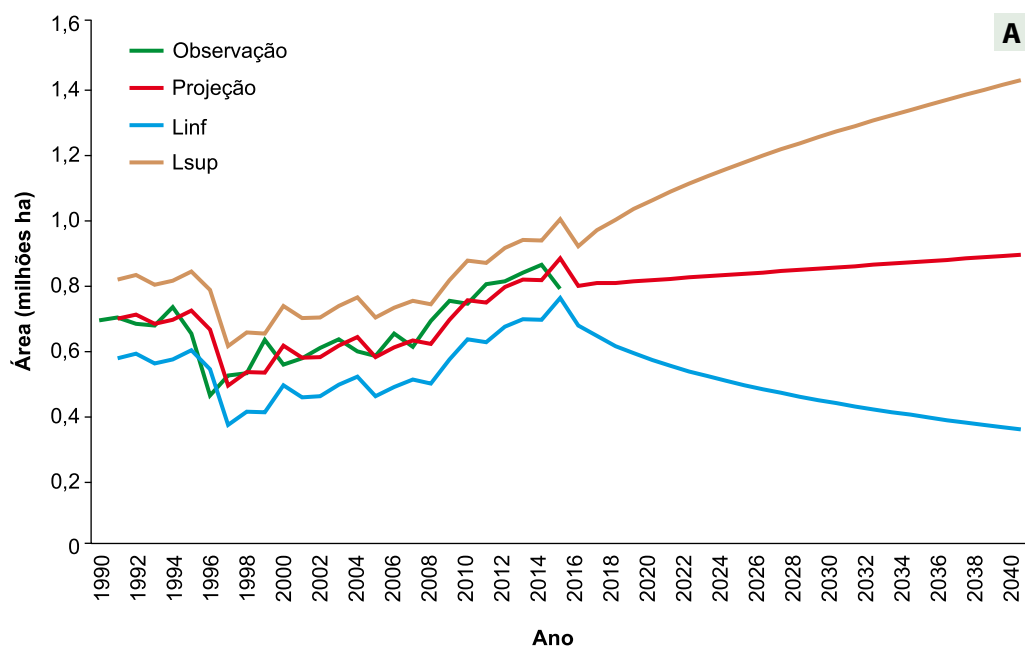


Figura 6. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de feijão no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

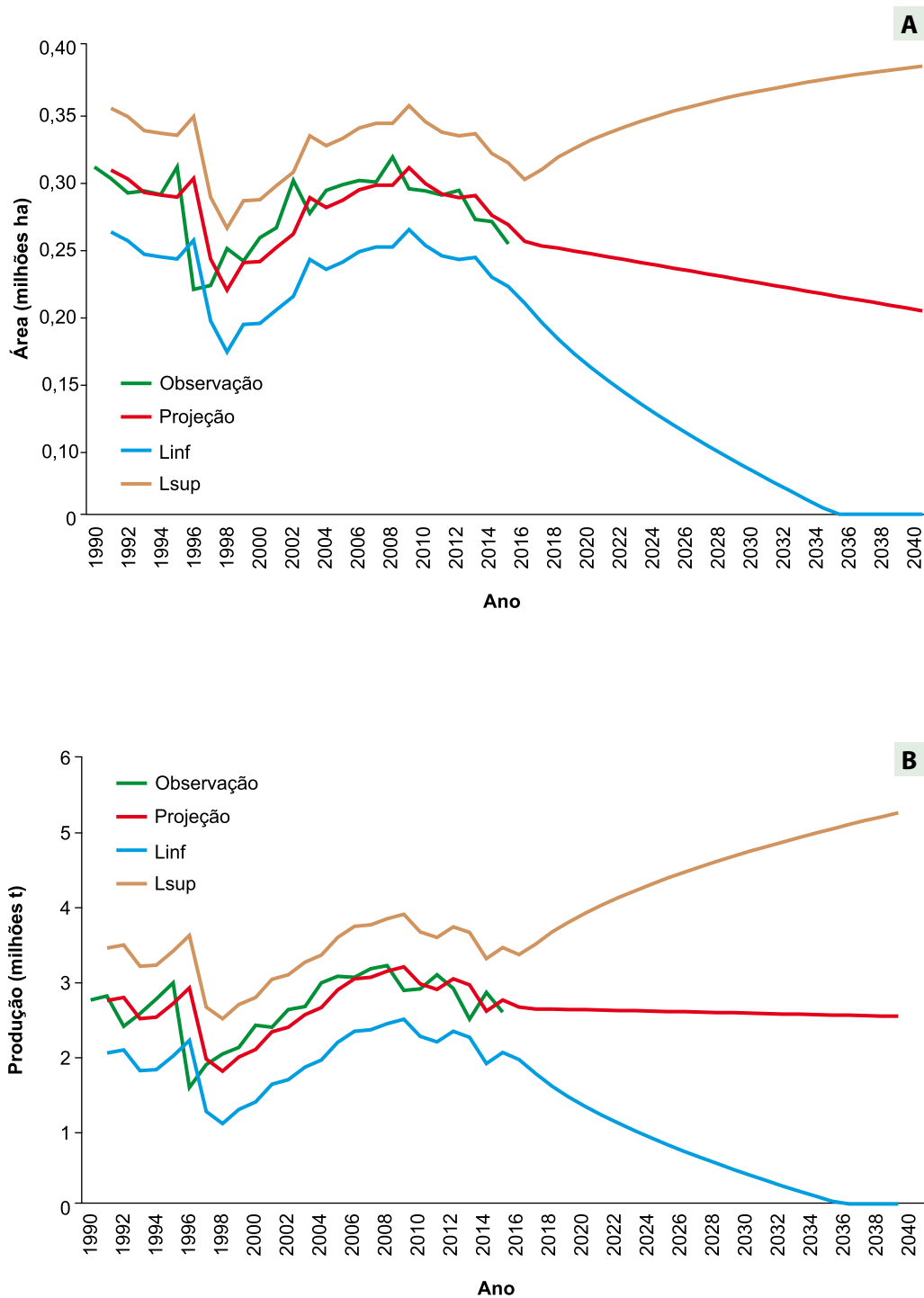


Figura 7. Valores observados e projeções de área (A) e produção (B) de mandioca no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

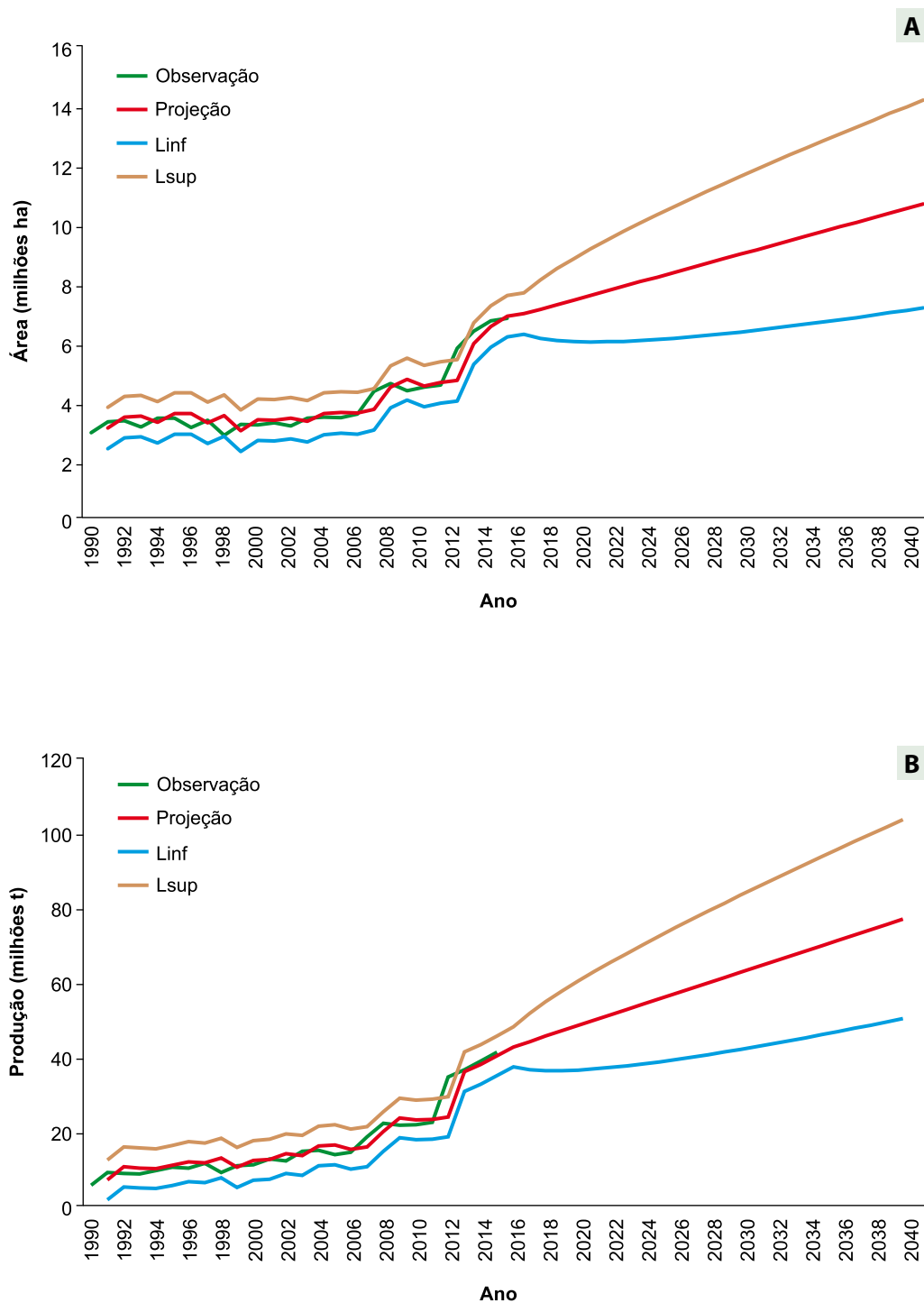


Figura 8. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de milho no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

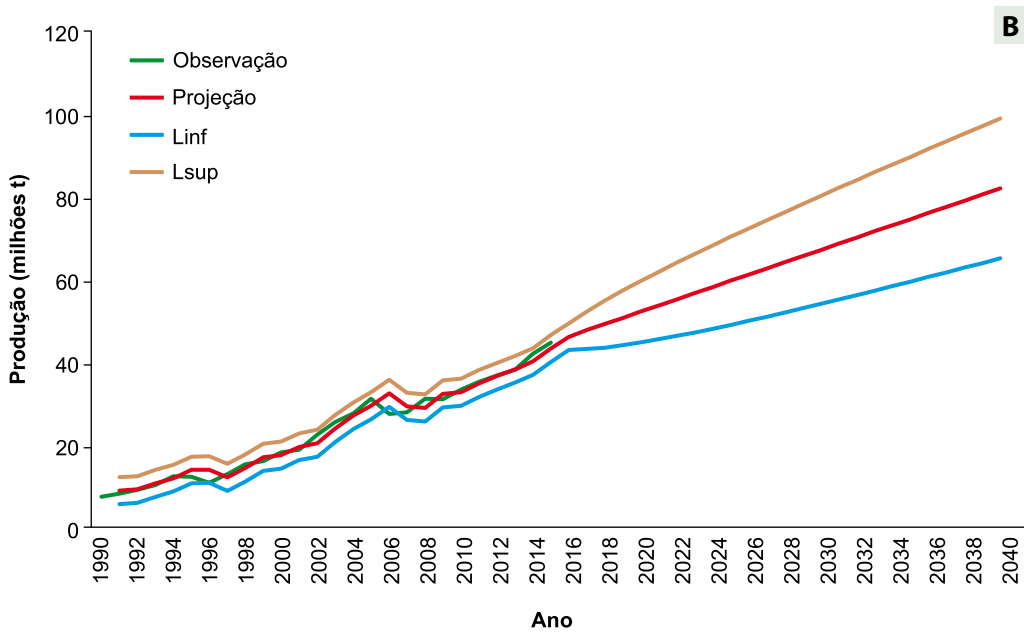
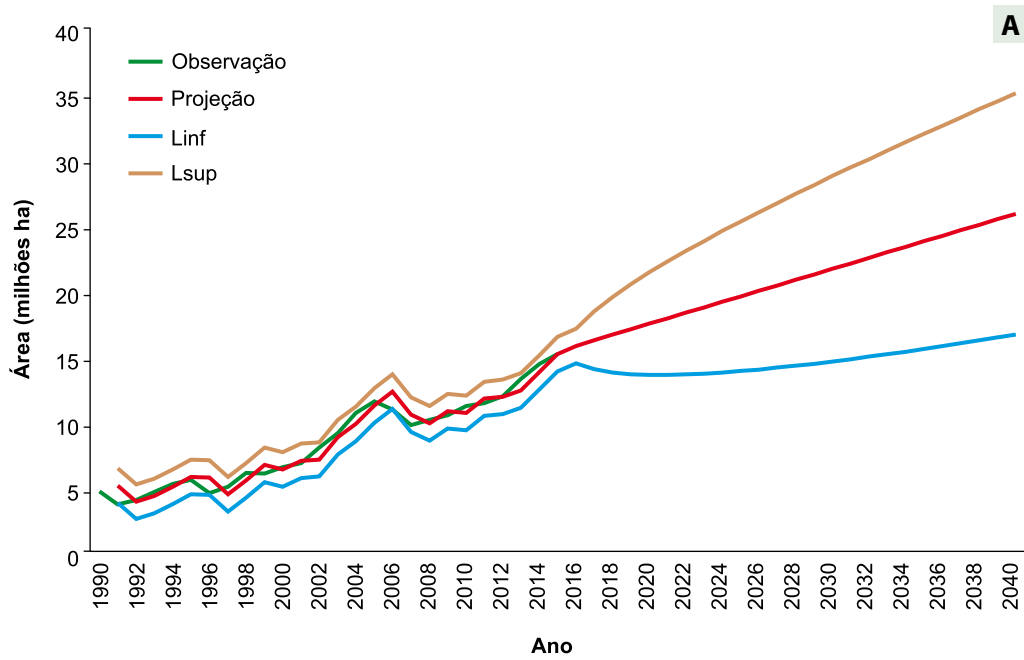


Figura 9. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de soja no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

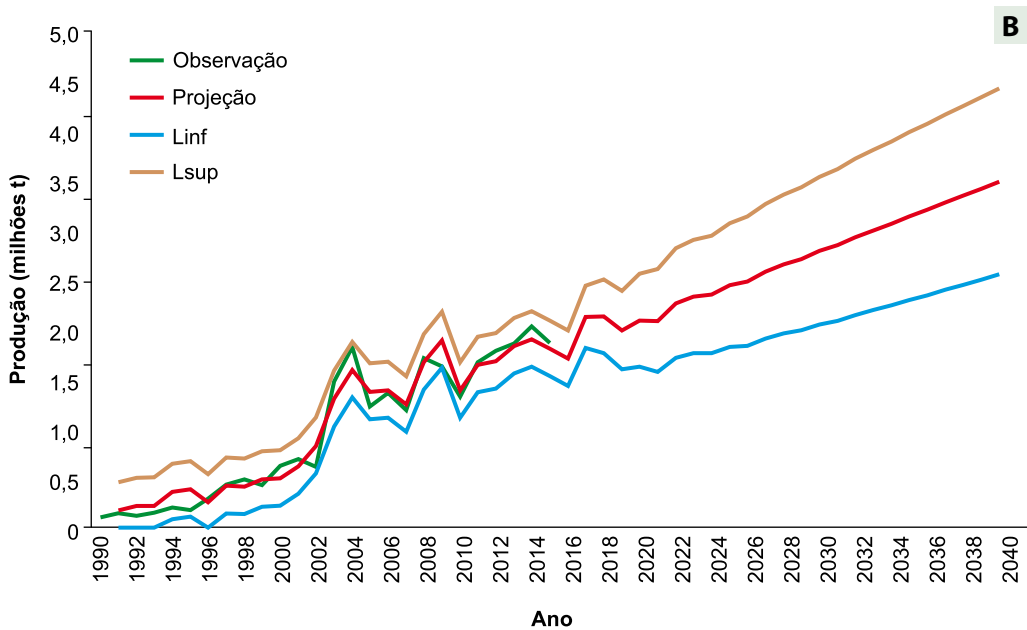
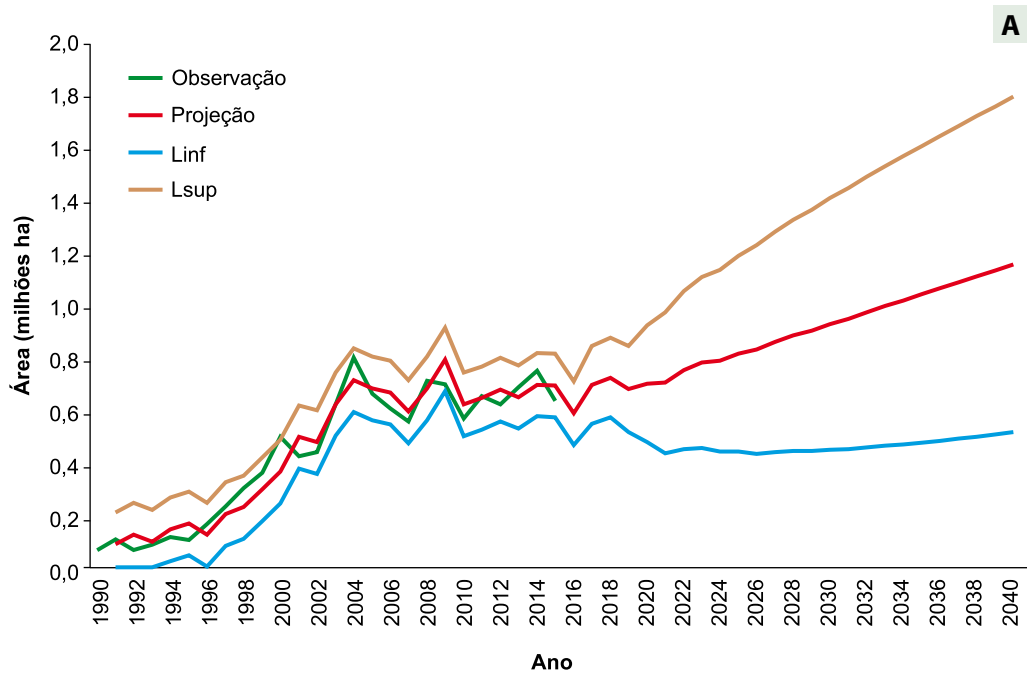


Figura 10. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de sorgo no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

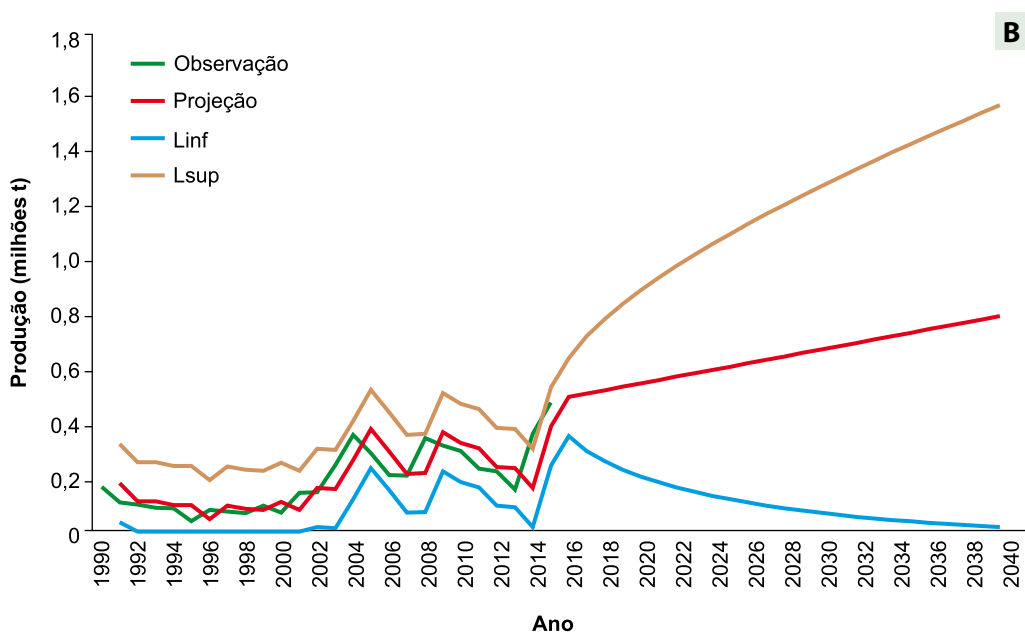
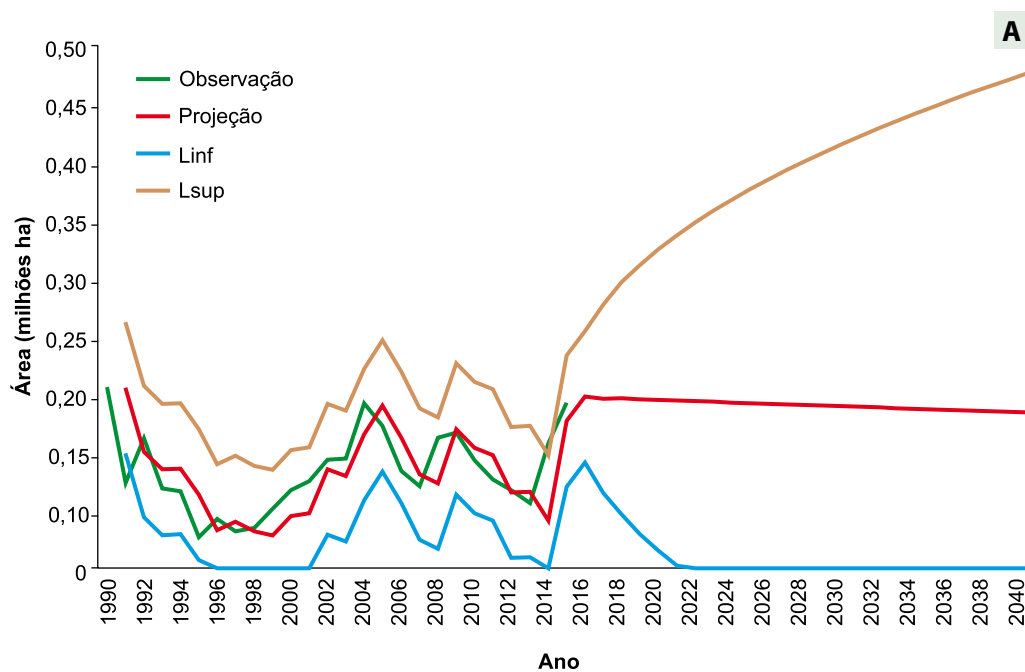


Figura 11. Valores observados e projeções para área (A) e produção (B) de trigo no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

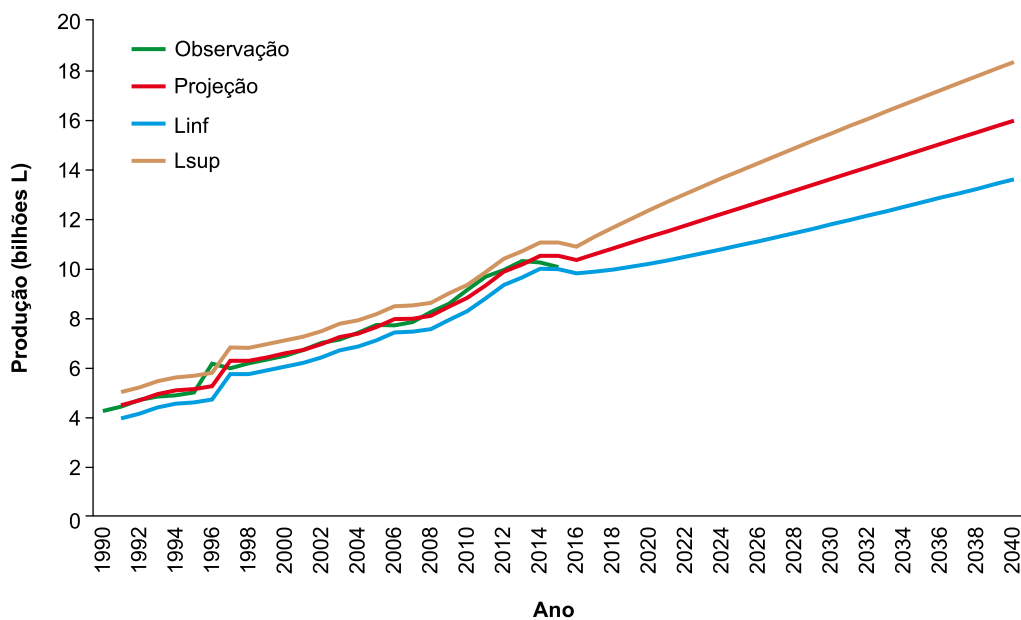


Figura 12. Valores observados e projeções para a produção de leite no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

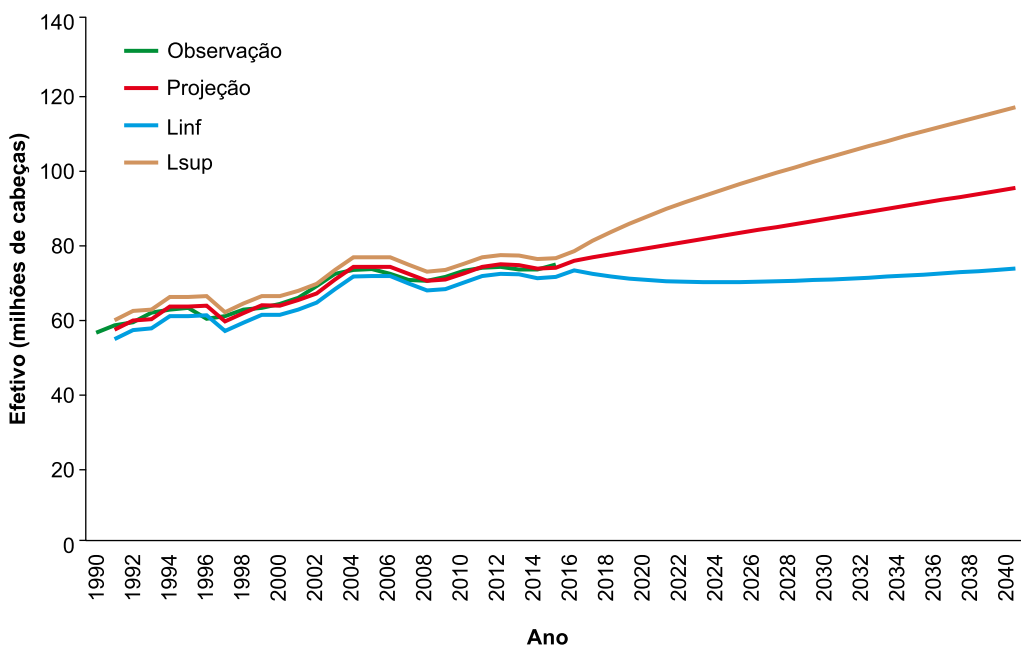


Figura 13. Valores observados e projeções para efetivo bovino no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

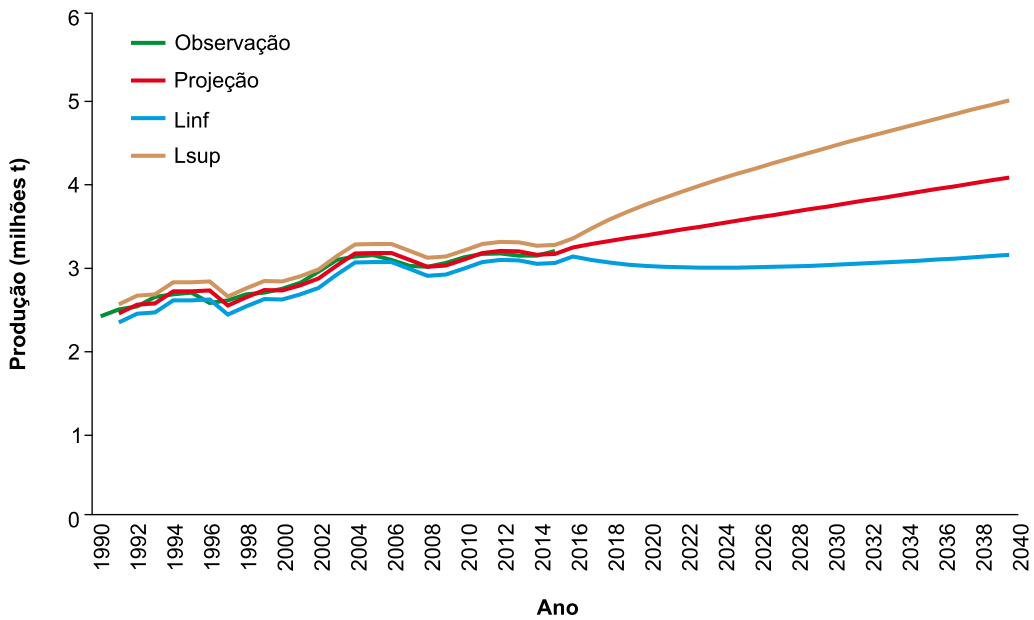


Figura 14. Valores observados e projeções para a produção de carne bovina no Brasil, entre 1990 e 2040.

Nota: Linf refere-se ao limite inferior e Lsup ao limite superior das projeções.

De um modo geral, faz-se mister observar que projeções no contexto de modelos estatísticos perdem a sua significância à medida que essas projeções são feitas para períodos de tempo muito afastados das séries observadas. Isso significa que os intervalos de confiança se tornam substancialmente grandes para o futuro, indicativos de incertezas quanto às projeções. Por essa razão, nossas estimativas de produtividade são obtidas para os previsores de um passo à frente. Nesse contexto, nossas previsões têm mais representatividade para um futuro próximo.

Considerações finais

Levou-se a efeito uma análise do bioma Cerrado sob a ótica geral de sua agricultura, com concentração nos aspectos da eficiência de produção dos 1.102 municípios que compõem o bioma. Ênfase foi dada ao Censo Agropecuário 2006. Nesse contexto, avaliaram-se aspectos pertinentes à estimação de uma fronteira de produção, a índices de concentração da renda bruta rural, à produtividade total dos fatores de produção e à importância de variáveis contextuais na explicação da eficiência de produção.

De um modo geral, a agricultura do bioma Cerrado apresenta os mesmos aspectos reportados em estudos anteriores para a agricultura brasileira. Possui renda concentrada, com o indicador de Gini mediano perto de 80%. Poucos são responsáveis por muito da produção. Os resultados estatísticos evidenciaram o efeito perverso das imperfeições de mercado na eficiência. A inclusão produtiva na região só poderá

ocorrer resolvendo os problemas de imperfeições de mercado que afetam a presença apropriada da extensão rural e a consequente adoção de tecnologias adequadas. Nesse contexto, duas ações fazem-se prementes. Primeiramente, a redução das imperfeições de mercado para obtenção de mais eficiência no processo produtivo, e isso vai envolver políticas públicas para a melhora do desenvolvimento regional e, ulteriormente, ajustes na função de produção do sistema, explorando de modo ótimo combinações de tecnologia e trabalho que são dominantes sobre a terra em seus efeitos sobre a produção, medidos por suas elasticidades.

Das principais culturas analisadas sobre o ponto de vista de potencial de produção para o futuro próximo (algodão, arroz, café em grão, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, sorgo, trigo, produção de leite e de carne bovina), somente o arroz e a mandioca apresentaram tendência estocástica com média decrescente. A utilização de área para o trigo é estacionária e a produção levemente crescente, indicando ganhos em produtividade. Para o bioma, existem *benchmarks* de produtividade total que podem ser utilizados para o estabelecimento de melhores práticas agropecuárias para a região. Nesse contexto, melhores níveis para a produtividade podem ser alcançados para todos os produtos estudados. Esses limites foram caracterizados no estudo pelos pontos superiores dos intervalos de confiança.

Referências

- AKAIKE, H. Canonical correlations of time series and the use of an information criterion. In: MEHRA, R.; LAINIOTIS, D. G. **Advances and case studies in system identification**. New York: Academic Press, 1976.
- AKAIKE, H. Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average processes. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, v. 26, p. 363-386, 1974.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S. Pequenos estabelecimentos também enriquecem? Pedras e Tropeços. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 7-21, 2015.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GARAGORRY, F. L.; MELO, P. F. O sonho de produzir: assentados da Bahia e do Rio Grande do Sul. **Revista de Política Agrícola**, v. 3, p. 114-133, 2015.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P.; MARRA, R. Fatos marcantes da agricultura brasileira. In: ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 13-45.
- BANKER, R. Maximum Likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation. **Management Science**, v. 39, n. 10, p. 1265-1273, 1993. DOI: 10.1287/mnsc.39.10.1265.
- BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BROCKLEBANK J. C.; DICKEY D. A. **SAS for forecasting time series**. 2nd edition. Cary NC: SAS Institute, 2003.
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>>. Acesso em: 19 set. 2019.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2017b. Acesso em: 19 set. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>>. Acesso em: 19 set. 2019.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 19 set. 2019.

LOPES, F. Novo índice mapeia desenvolvimento rural. **Valor Agronegócios**, 15 jul. 2013. Disponível em: <https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo_noticia/25475_20130715_140743.pdf> Acesso em: 15 out. 2019.

PAPKE, L. E.; WOOLDRIDGE, J. M. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. **Journal of Applied Econometrics**, v. 11, p. 619-632, 1996. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6<619::AID-JAE418>3.0.CO;2-1.

RAMALHO, E. A.; RAMALHO, J. J. S.; HENRIQUES, P. D. Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. **Journal of Productivity Analysis**, v. 34, p. 239-255, 2010.

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. Conditional FDH efficiency, income dispersion and market imperfections: the case of the Brazilian agricultural census of 2006. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrapo. p. 760-769, 2015b.

SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. Improving agricultural economic efficiency in Brazil. **International Transactions in Operational Research**, v. 22, p. 329-337, 2015a. DOI: 10.1111/itor.12055.

STATA base reference manual release 16. Texas: Stata Press, 2015. Disponível em: <<https://www.stata.com/manuals/r.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2019.

O Cerrado é a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade, ocupando 204 milhões de hectares divididos em 19 ecorregiões. Abrange 24% do território, onde estão 15% dos estabelecimentos agropecuários e onde são gerados 32% da renda bruta agrícola do País. As culturas agrícolas anuais ali produzidas correspondem a 40% da produção total nacional e convi-vem com as nascentes de oito das doze bacias hidrográficas mais impor-tantes do Brasil. Além da capacidade de geração de alimentos, reconhecida mundialmente, o bioma possui de 20 milhões a 30 milhões de hectares de pastagens de baixa produtividade potencialmente aptas para agricultura de alta eficiência e diversificada, como a integração lavoura-pecuária-floresta. Só isso significa o potencial de duplicar a área de pro-dução agrícola sem necessidade de expansão em novas áreas.

Os 29 autores desta obra abordam história, realidade atual e potencial do Cerrado em uma grande diversidade de perspectivas: dinamicidade de uso da terra, concentração de renda rural, imperfeições de mercado, protagonismo do agronegócio, papel das instituições, práticas agrícolas, mudanças climáticas, áreas de preservação, eficiência de produção e sua capacidade de expansão e diversificação – entre muitas outras.

A obra resulta do projeto de pesquisa e inovação Dinâmica Agrícola do Cerrado, coordenado pela Embrapa com participação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). É para ser lida e consultada por produtores rurais, empresários, empreendedores, tomadores de decisão, especialistas de diferentes áreas e por outros interessados no desenvolvimento do Cerrado.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



ISBN 978-85-7035-951-3



9 788570 359513

CGPE 15834