Revista de Política Agrícola

VENDA PROIBIDA

e-ISSN 2317-224X
ISSN impresso 1413-4969
Publicação Trimestral
Ano XXXI – Nº 2
Abr./Maio/Jun. 2022

Publicação da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



O futuro do arroz de terras altas no Brasil: cultivo de oportunidade

Pág. 51

Política pública de apoio à agricultura digital

Pág. 18

Análise da distribuição dos preços de terras para lavouras no Brasil

Pág. 87

Ponto de Vista

Trigo, o difícil mas essencial pão nosso de cada dia

Pág. 154

Revista de
Política Agrícola

e-ISSN 2317-224X
ISSN impresso 1413-4969
Publicação Trimestral
Ano XXXI – Nº 2
Abr./Maio/Jun. 2022
Brasília, DF

Publicação da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Conselho editorial
Eliseu Alves (Presidente)
Embrapa
Elisio Contini
Embrapa
Biramar Nunes de Lima
Consultor independente
Carlos Augusto Mattos Santana
Embrapa
Alcido Elenor Wander
Embrapa
José Garcia Gasques
Mapa
Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros
Consultor independente

Secretaria-Geral
Luciana Gontijo Pimenta

Editor-Chefe
Wesley José da Rocha

Foto da capa
Ananaline (AdobeStock)

Embrapa, Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento

Supervisão editorial
Wesley José da Rocha

Revisão de texto
Wesley José da Rocha

Normalização bibliográfica
Sabrina Déde de C. L. Degaut Pontes

Projeto gráfico, diagramação e capa
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Sumário

Carta da Agricultura

Desafios vencidos e como caminhar para o futuro na agropecuária 3
Marcos Montes Cordeiro

Licenciamento ambiental na contramão das agroindústrias de Alagoas 6
Sandreanio Nascimento Ferreira / Almir Silveira Menelau

Política pública de apoio à agricultura digital 18
Marcos Paulo Rodrigues de Souza / Zelimar Soares Bidarra

Expansão da cana-de-açúcar: uma investigação via cópulas 33
Maurício Silva Lacerda / Julio Cesar Araujo Silva Junior / Paulo César Emiliano

O futuro do arroz de terras altas no Brasil: cultivo de oportunidade 51
Carlos Augusto M. Santana / Geraldo da Silva e Souza / Eliane Gonçalves Gomes

Consumo domiciliar de arroz e feijão no Brasil 71
Gerciana Aparecida Rezende / Alexandre Bragança Coelho / Guilherme Fonseca Travassos

Análise da distribuição dos preços de terras para lavouras no Brasil 87
Ricardo Harbs / Carlos José Caetano Bacha

Impactos da inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil 105
Franco Muller Martins / Arlei Coldebella / João Dionísio Henn / Rugnan Huguenin da Silveira / Elenita Ruttscheidt Albuquerque / Jalusa Deon Kich

Performance financeira do setor sucroenergético brasileiro de 2001 a 2019 117
Lucas Rodrigues / Luciano Rodrigues

Análise das contratações do Programa ABC em uma instituição financeira nas safras 2017/2018 e 2018/2019 134
Gabrielle de Almeida Ribeiro / Luis Gustavo Baricelo

Ponto de Vista

Trigo, o difícil mas essencial pão nosso de cada dia: da dependência externa à autossuficiência 154
Eliseu Alves / Jorge Lemainski / Elisio Contini / Adalberto Aragão

Acesse gratuitamente a **Revista de Política Agrícola** em

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola

Embrapa
www.embrapa.br/rpa

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Secretaria de Política Agrícola
Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 5º andar
70043-900 Brasília, DF
Fone: (61) 3218-2292
Fax: (61) 3224-8414
www.agricultura.gov.br
spa@agricultura.gov.br

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-2418
Wesley José da Rocha
wesley.jose@embrapa.br

Esta revista é uma publicação trimestral da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com a colaboração técnica da Secretaria de Gestão Estratégica da Embrapa e da Conab, dirigida a técnicos, empresários, pesquisadores que trabalham com o complexo agroindustrial e a quem busca informações sobre política agrícola.

É permitida a citação de artigos e dados desta revista, desde que seja mencionada a fonte. As matérias assinadas não refletem, necessariamente, a opinião do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Tiragem
impressão suspensa
Publicação digital - formato pdf

Está autorizada, pelos autores e editores, a reprodução desta publicação, no todo ou em parte, desde que para fins não comerciais

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa, Secretaria Geral

Revista de Política Agrícola. – Ano 1, n. 1 (fev. 1992)-. – Brasília, DF : Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, 1992- v. ; 27 cm.

Trimestral. Bimestral: 1992-1993.
Editor: Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004- .
Disponível também na internet: www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola
ISSN impresso 1413-4969. eISSN 2317-224x

1. Política agrícola. I. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. II. Embrapa. III. Companhia Nacional de Abastecimento.

CDD 338.18 (21 ed.)

Rejane Maria de Oliveira (CRB-1/2913)

Carta da Agricultura

Desafios vencidos e como caminhar para o futuro na agropecuária

Marcos Montes Cordeiro[1]

O Brasil é uma potência agroambiental. Esse conceito, cunhado nos últimos anos, foi fruto da pujança da produção agropecuária e do respeito dos produtores rurais ao meio ambiente. O Brasil respondeu à demanda global por alimentos ao aceitar os desafios impostos pelo mundo para o avanço da segurança alimentar. Tivemos o cuidado de manter a responsabilidade social e ambiental, cercando nossa produção. Foi essa postura que nos possibilitou oferecer alimentos para atingir com excelência a soberania alimentar da nossa população, além de abastecer mais de 180 países.[2]

As turbulências dos últimos anos, no entanto, foram intensas. Encarada como atividade essencial durante a pandemia de Covid-19 – como não poderia ser diferente –, a produção e distribuição de alimentos colaborou de maneira fundamental para a superação da crise sanitária. Mas o mundo se depara com cenários mais dramáticos num pós-pandemia. Crises geopolíticas trouxeram riscos ainda mais reais à segurança alimentar global.

Segurança alimentar é um conceito essencial à democracia. Consiste não só em produzir alimentos, mas garantir que a toda a população tenha acesso irrestrito a eles. A crise sanitária global reacendeu com dramaticidade os riscos de insegurança alimentar e da fome em todo o planeta. Portanto, produzir com excelência e competitividade continua sendo fundamental, mas agora é preciso também reorganizar e aprimorar políticas públicas que assegurem, a todo o planeta, acesso aos alimentos que o Brasil produz com grande qualidade.

O Ministério da Agricultura trabalhou intensamente nos últimos anos na reorganização e coordenação de políticas públicas para a segurança alimentar. Aperfeiçoar instrumentos de compras públicas de alimentos, operacionalizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), e promover a revisão de orientações nutricionais e alimentares de notada excelência no Brasil, em conjunto com a recriada Comissão Interministerial para Segurança Alimentar (Caisan), são ações fundamentais para enfrentar os riscos à segurança alimentar.

Os desafios da agricultura nacional passaram a ser ainda maiores no último ano. Choques na oferta de insumos essenciais, como fertilizantes e defensivos agrícolas, decorrentes de sucessivos problemas de logística, sansões comerciais, e crise energética em importantes países fornecedores, além do conflito na Ucrânia, trouxeram preocupação às autoridades brasileiras. Felizmente, com método, organização e estratégia bem azeitados,

[1] Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

[2] Projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o período de 2021/2022 a 2030/2031 sinalizam que a produção nacional de trigo crescerá 22,9%, passando dos atuais 6.738 mil t para 8.284 mil t; o consumo, 12,8%, de 12.268 mil t para 13.660 mil t, enquanto a importação cairia levemente, de 6.819 mil t para 6.478 mil t. Esse estudo permite prever que o grau de dependência externa recuaria de 55,6% para 47,4%. Como o trigo é um produto altamente estratégico para o consumidor brasileiro, e crises de abastecimento, com preços elevados, podem se repetir, ações de políticas públicas são recomendadas para elevar a produção nacional e, consequentemente, diminuir o grau de dependência externa para valores de 20% a 30% nos próximos dez anos (Brasil, 2022b).

foi possível, até o momento, garantir o fornecimento de insumos e preparar a próxima safra brasileira. Isso será fundamental para o cenário de abastecimento mundial.

No enfrentamento da crise de abastecimento de insumos, quando comparamos com a nossa a performance dos principais países, percebemos que as estratégias brasileiras foram as mais exitosas. Mas será preciso a execução de um planejamento de longo prazo para superar de vez tudo que possa colocar em risco o fornecimento de insumos para nossa agricultura. Nesse sentido, o Plano Nacional de Fertilizante (Brasil, 2022a) tem uma visão transformadora para o futuro do Brasil em 30 anos. A reindustrialização do País deverá passar necessariamente por uma visão de suporte a sua principal atividade econômica: a agropecuária.

Mas, considerando os novos cenários internacionais, planejar os próximos anos da agropecuária brasileira passou a ser uma tarefa mais complexa. Apesar disso, as oportunidades se agigantaram. O maior legado vindo da atual gestão foi a reorganização institucional das bases da política agrícola. Essa preparação nos possibilitará enfrentar os desafios de curto, médio e longo prazos com o aprimoramento de toda a agenda do agronegócio.

Bons exemplos do aprimoramento institucional foram a transformação obtida nas políticas fundiárias acertadas dos últimos anos e o avanço significativo da regularização ambiental, ambas tarefas atribuídas à pasta da agricultura nessa gestão. Mais de 350 mil títulos de propriedade foram concedidos nos últimos anos, e modelos de validação inteligentes do cadastro ambiental estão revolucionando o meio rural brasileiro (Incra, 2022). Esses trabalhos serão fundamentais para encarar os próximos anos. Além disso, a experiência de planejamento a longo prazo que iniciamos com os fertilizantes e a conquista de mais de 200 mercados para nossos produtos coroam o primeiro ciclo de transformação da agricultura proposta pelo atual governo.

Felizmente, com método, organização e estratégia bem azeitados, foi possível, até o momento, garantir o fornecimento de insumos e preparar a próxima safra brasileira

Os compromissos internacionais em produzir com o máximo de sustentabilidade e ainda reduzir perdas e desperdício de alimentos, agregando o máximo de tecnologia e inovação, além, é claro, do estímulo à rastreabilidade, comprovarão a eficiência de todo o nosso trabalho.

Revisitamos os instrumentos de financiamento privado para a agropecuária e avançamos na consolidação do seguro rural, além de aumentar a conectividade no campo. Estimulamos as inovações em bioinsumos e promovemos a ampliação de áreas livres da febre aftosa sem vacinação. Todos esses avanços merecem destaque em um período de incertezas globais, mas que o Brasil aproveitou de maneira intensa.

Vivemos um momento em que a diplomacia brasileira precisa se reafirmar e fortalecer nossos principais mercados e parceiros comerciais. Os adidos agrícolas, espalhados por todo o mundo, vêm desempenhando papel relevante nas negociações e serão ainda mais importantes. Reconhecidos pelo Itamaraty como instrumentos estratégicos nas negociações bilaterais e multilaterais, os adidos são os embaixadores do agronegócio pelo mundo. Mais do que plantar e colher, é fundamental entender que a segurança alimentar é uma meta comum, mas uma responsabilidade de todos. Por isso, o livre mercado internacional que nos possibilita acessar os insumos e oferecer nossos produtos agrícolas deve ser entendido e trabalhado para que seja fluido e constante, evitando o desabastecimento de alimentos para o mundo.

O Brasil comprovará que é a maior potência agroambiental do planeta, e isso se dará com o País aceitando e superando os desafios colocados pela comunidade internacional, sem abandonar nenhum compromisso ambiental. Mesmo num momento em que alguns países aceitam repensar suas estratégias de conservação em

nome da produção, provaremos ao mundo que, com tecnologia, compromisso e competência, manteremos a segurança alimentar do planeta.

O mundo se move a passos largos para o futuro, com novos desafios para a produção agropecuária. Mas ao mesmo tempo se depara com a necessidade de enfrentar fantasmas que reaparecem, como a fome, derivada de uma "tempestade perfeita" trazida pela pandemia e por conflitos internacionais. Entender bem as políticas que nos trouxeram até aqui e, a partir de agora, fortalecê-las e aprimorá-las com ciência, inovação e muito trabalho, nos manterá na importante posição de esteio da segurança alimentar do planeta.

Referências

BRASIL. Decreto nº 10.991, de 11 de março de 2022. Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. **Diário Oficial da União**, 11 mar. 2022a. Seção1, p.1-2. Edição Extra.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 15 maio 2022b.

INCRA. **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/instituto-nacional-de-colonizacao-e-reforma-agraria>. Acesso em: 15 maio. 2022.

Licenciamento ambiental na contramão das agroindústrias de Alagoas[1]

Sandreanio Nascimento Ferreira[2]
Almir Silveira Menelau[3]

Resumo – O objetivo deste trabalho foi mostrar a burocracia estatal referente ao licenciamento ambiental como fator impeditivo para a implantação de unidades industriais em cooperativas da agricultura familiar de Alagoas. As informações foram levantadas, em campo, via coleta de dados em questionário de pesquisa exploratória, aplicado em 12 cooperativas. Os resultados mostram que a burocracia é o fator que mais dificulta a regularização de indústrias ligadas às cooperativas da agricultura familiar. Para lidar com essas questões de certificação ambiental, as cooperativas têm adotado os sistemas de parcerias e terceirização. Além disso, tem havido avanços significativos na prática de intercooperação.

Palavras-chave: agricultura familiar, burocracia estatal, cooperativas.

Environmental licensing against the agribusinesses of Alagoas

Abstract – The objective of this work was to show the state´s bureaucracy related to environmental licensing as an impeding factor for the implantation of industrial units of product processing of family farming cooperatives, in the state of Alagoas, Brazil. Information was obtained in the field through data collected in a questionnaire of descriptive exploratory research applied to 12 family farming cooperatives. The results show that bureaucracy is the main impediment to regularize industries linked to family farming cooperatives. In order to deal with environmental certification issues, the cooperatives have adopted partnership and outsourcing systems and have significantly advanced the practice of intercooperation.

Keywords: family farming, state bureaucracy, cooperatives.

Introdução

A agricultura familiar não tem deixado de mostrar sua eficiência produtiva por várias décadas, apesar dos gargalos relacionados às questões sociais, frequentemente na contramão do agronegócio. Nesse cenário, permanecem os

[1] Original recebido em 11/6/2021 e aprovado em 21/12/2021.

[2] Mestrando em Administração e Desenvolvimento Rural. E-mail: sandreanioferreira@gmail.com

[3] Doutor em Economia, professor associado da UFRPE. E-mail: almirmenelau@yahoo.com.br

cultivos de sequeiro, a produção em baixa escala e o trabalho braçal por elementos dos grupos familiares. Mas tem havido, sim, boa receptividade ao uso de novas tecnologias nas propriedades. Outro aspecto que deve ser levado em consideração quando se fala de agricultura familiar é a busca permanente por melhores condições de vida via mecanismos do empreendedorismo social e coletivo (Brasil, 2006b).

As cooperativas, além de consolidar o trabalho coletivo, servem como instrumento de controle regional, pois promovem o desenvolvimento sustentável, facilitando a comercialização da produção familiar, sendo caracterizadas também como promotoras do empreendedorismo social (Rennings, 1998).

Para atender aos interesses mercadológicos e comerciais, as cooperativas precisam agregar valor à produção, o que implica adequar, ampliar e, muitas vezes, construir instalações de processamento de produtos (Prezzoto, 2016). Para isso, precisam seguir caminhos diferentes daqueles percorridos quando se trabalha com produtos in natura ou alimentos primários.

Uma das questões que se impõe às cooperativas é a responsabilidade socioambiental, que se tornou crucial nos processos industriais. O cumprimento da legislação ambiental pode, por um lado, ser o salto para a lucratividade, mas, por outro, tem sido um grande desafio para as organizações, em particular em Alagoas.

As cooperativas e as organizações de modo geral – associações e pequenos empreendimentos da agricultura familiar – enfrentam grandes dificuldades para agregar, pela industrialização, valor a seus produtos, dificuldades que começam internamente, pois seus quadros funcionais não contemplam profissionais da área ambiental. Encontrar e contratar tais profissionais não são tarefas fáceis, e são elevados os custos e, sobretudo, o tempo para a regularização de um empreendimento.

Os empreendimentos passam por adequações sanitárias que precisam ser regulamentadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), pelo Serviço de Inspeção Municipal (SIM), pelo Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), conforme a natureza dos produtos, animal ou vegetal, e a abrangência de comercialização. Recentemente, com direcionamento para a agricultura familiar, criou-se o Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa), com regras mais flexíveis (CNM, 2015). Há também as certificações ambientais exigidas pelo Instituto de Meio Ambiente (IMA) e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que independem do tamanho do empreendimento, mas levam em consideração, para sua instalação, a situação ambiental, o montante de resíduos resultante da produção e a qualidade dos resíduos a serem descartados.

Apesar de as atuais normas ambientais separarem os tipos de empreendimentos conforme a capacidade de processamento e os níveis potenciais de poluição, os caminhos para a certificação são ainda muito tortuosos. Oliveira (2012) destaca que qualquer tipo de industrialização afeta os frágeis arranjos da natureza, pois estamos consumindo nosso patrimônio ambiental em ritmos desastrosos.

Os esforços das cooperativas para agregar valor aos produtos são paralisados por causa de uma série de dificuldades para aprovação dos projetos nos órgãos ambientais. Isso ocorre, em particular, com a produção de leite na região central do estado, conhecida como bacia leiteira, no vale do Rio Ipanema, com a fruticultura no vale do Rio Mundaú e litoral norte do estado e com os tubérculos no Agreste.

Faz-se aqui uma análise dos aspectos ambientais, do tempo e dos custos de regulamentação de um empreendimento para mostrar a burocracia ambiental como fator impeditivo da implantação de unidades industriais de processamento de produtos das cooperativas da agricultura familiar de Alagoas.

Os dados foram levantados da União Nacional das Cooperativas da Agricultura

Familiar e Economia Solidária (Unicafes)[4] e do Instituto do Meio Ambiente (IMA, 2019). Para identificar as cooperativas da agricultura familiar, fez-se também uma pesquisa quali-quanti de forma exploratória, em campo, para entender as principais dificuldades do processo de certificação e para conhecer os custos previstos, o tempo envolvido, as complexidades e o grau de burocracia enfrentado.

Revisão de literatura

Os traços da agricultura familiar estão ligados ao cultivo de pequenas áreas com a força braçal do núcleo familiar para a produção do próprio alimento e a venda do excedente. Veiga (1996) e Abramovay (1998) veem vantagens sociais, ambientais e econômicas no modelo de organização da agricultura familiar – diversificado, democrático, sustentável e eficiente –, o que vai ao encontro da definição de desenvolvimento sustentável do documento da World Commission on Environment and Development (WCED) (1987, p.41, tradução nossa):

> [...] desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações satisfazerem às suas próprias necessidades.

Azevedo (2012) relata que a produção de alimentos depende consideravelmente das condições climáticas, o que leva invariavelmente à sazonalidade da produção, havendo a necessidade do emprego de avanços tecnológicos e do uso de mecanismos industriais que permitam agregação de valor ao produto. Mas isso é possível quando há organização social por meio de entidades como as cooperativas.

Os maiores gargalos na agricultura familiar e suas representações estão ligados aos processos de comercialização e acesso aos mercados, à inadequação de embalagens, instalações e tecnologia de produção e, principalmente, aos processos que dizem respeito à legislação sanitária e à qualidade dos produtos (Neumann, 2007).

Os desafios das cooperativas de Alagoas em comercializar a produção de seus cooperados têm aumentado à medida que o mercado demanda produtos mais trabalhados, com maior higienização e comprovação de responsabilidade ambiental (Unicafes, 2011). Por isso, é fundamental o envolvimento dos cooperados no processo de agregação de valor ao produto.

Para Rios & Carvalho (2007), um instrumento de emancipação é a organização social de produtores, ou seja, a forma coletiva de trabalho é um instrumento eficaz de transição entre a informalidade dos primeiros passos e a inserção solidária formal no mercado.

Segundo Altman (2015), as cooperativas agrícolas desempenham papel importante na promoção do desenvolvimento rural como mecanismos de geração de emprego, segurança alimentar, distribuição de renda e, potencialmente, redução da pobreza. Além disso, podem ser uma alternativa para a comercialização de seus produtos, aquisição de insumos, e, sobretudo, para a manutenção da pequena propriedade ativa, de forma competitiva. Lauschner (1994) define como modelo cooperativo grupos de produtores rurais que, em conjunto, por meio de cooperativas, compram insumos e vendem a produção de forma a assegurar o poder econômico e a igualdade para todos.

Maldonado & Santos (2006), citando como exemplo as cooperativas de pesca brasileiras, relatam que elas só poderão funcionar, dentro dos padrões de eficácia organizacional e social desejado, se combinarem vários tipos de concentrações horizontais e verticais, que possibilitem a economia de escala: redução de custos, aumento da produtividade, integração das atividades econômicas complementares e aprimoramento dos métodos administrativos.

Essa cooperação, quando com agricultores familiares, leva o saber popular a se vincular ao

[4] Na fase de pesquisa, os autores tiveram acesso ao arquivo físico na sede da Unicafes.

princípio de maior conservação da natureza e ao fato de a terra sustentar a família, o que conduz a maiores cuidados ambientais, mas há sempre a incorporação de mecanismos relacionados aos tratos culturais que permitem maior produtividade. Para Leff (2001), a compreensão desses saberes pode fornecer informações essenciais para a definição de estratégias a serem incorporadas pelos diversos atores sociais na construção de suas práticas ambientais e de planejamento.

Carrazza (2011) destaca que a consolidação do conceito de responsabilidade socioambiental e o atual cenário de mudanças climáticas ampliam, a cada dia, a demanda por produtos ambientalmente bem manejados e socialmente justos. Nesse sentido, os empreendimentos da agricultura familiar podem se beneficiar dessa nova demanda, ao contrário dos empreendimentos empresariais que normalmente se estabelecem por oportunidades de mercado. No entanto, Costa (2004) ressalta que as questões legais, sanitárias, ambientais, tecnológicas, gerenciais e de mercado também devem ser trabalhadas antes mesmo do investimento de agregação de valor aos produtos.

Partindo do princípio de que a agricultura familiar industrializa a produção em suas cooperativas, atendendo à legislação ambiental, a Resolução Conama nº 385/2006 (Brasil, 2006a) estabeleceu procedimentos a serem adotados por agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental. Por essa resolução, o Conama reconhece que agroindústrias de pequeno porte produzem reduzido volume de efluente e, portanto, provocam baixo impacto ambiental.

Os resíduos gerados por elas podem ser, em muitos casos, aproveitados como alimento para os animais e como composto orgânico na produção de adubos ou também como fonte alternativa de renda, e, assim, a agroindústria de pequeno porte é um importante instrumento de geração de trabalho e renda.

O artigo 1º, inciso I, da Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997 (Brasil, 1997), traz o seguinte conceito de licenciamento ambiental:

> Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

De acordo com Carrazza et al. (2012), é perceptível que a Resolução Conama nº 385/2006 busca simplificar o processo de licenciamento ambiental para agroindústrias e beneficiar estabelecimentos com área construída de até 250 m² que trabalhem com produtos provenientes de explorações agrícola, pecuária e pesqueira, bem como aquícola, extrativista e florestal não madeireira – sobretudo de baixo potencial de impacto ao meio ambiente. Porém, a falta de legislação especifica no estado não permite que o Serviço de Inspeção de Alagoas (SIE) aprove a construção de agroindústrias com menos de 250 m², padrão estabelecido por todos os estados que possuem legislação própria para agroindústrias da agricultura familiar, como Pernambuco (2015), fato que cria entrave organizacional, além do passivo jurídico entre as instituições reguladoras envolvidas no processo de certificação sanitária e ambiental.

O Ministério Público Federal (2004) defende que o escopo de um estudo ambiental formule problemas, que devem ser respondidos no seu desenvolvimento, mas destaca que pode haver má qualidade dos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs)/Relatórios de Impacto Ambiental (Rimas). Realmente, uma das grandes dificuldades hoje ainda é a qualidade inadequada desses estudos.

Estudos ambientais pouco precisos acarretam excessivos pedidos de informações complementares pelos órgãos reguladores, o que dificulta o atendimento e aumenta a demora para a liberação da certificação ambiental. Isso

ocorre porque, no fundo, o Estado brasileiro pede ao empreendedor informações que ele deveria ter caso possuísse o zoneamento ecológico e econômico e os planos diretores de bacias hidrográficas.

Procedimento metodológico

O ponto inicial da pesquisa foi a coleta de dados das cooperativas da agricultura familiar na Organização das Cooperativas do Brasil (OCB), em Alagoas, e na União Nacional das Cooperativas de Agricultura Familiar e Economia Solidária (Unicafes), além da análise do banco de dados do Instituto do Meio Ambiente (IMA) para identificar as cooperativas cujas indústrias são licenciadas ambientalmente e as que estão em processo de licenciamento, sendo estas últimas o foco deste estudo.

Foram identificadas 12 cooperativas que fornecem produtos industrializados para políticas governamentais ou para o mercado convencional, de vários seguimentos: farinha de mandioca, polpa e sucos de frutas, derivados lácteos e mel, entre outros. De posse dos dados das cooperativas, foram traçadas rotas estratégicas mediante agendamento de visitas a todas elas.

Para levantar as informações e identificar as principais dificuldades envolvidas no processo de licenciamento, foi aplicado às cooperativas – presidentes ou o corpo diretivo – um questionário de pesquisa exploratória descritiva de natureza quali-quanti, com êxito de resposta em todas elas. Fez-se também uma pesquisa bibliográfica para auxiliar no embasamento cientifico do estudo.

Segundo Gil (2008), o objetivo da pesquisa exploratória é proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: a) levantamento bibliográfico; b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e c) análise de exemplos que estimulem a compreensão.

A pesquisa seguiu um roteiro preestabelecido, buscando descobrir os custos previstos, o tempo envolvido, as complexidades, o grau de burocracia empregada e os mecanismos que as cooperativas estão utilizando para conseguir processar seus produtos e colocar no mercado um alimento com maior valor agregado.

Com a aplicação dos questionários, os dados foram tabulados para retratar a capacidade das cooperativas de conseguirem o licenciamento ambiental e de se manterem licenciadas.

Resultados e discussão

Os instrumentos utilizados pelo IMA o licenciamento e a autorização para intervenção ambiental em Alagoas são os seguintes: Autorização Ambiental; Autorização para Supressão de Vegetação; Autorização de Transporte de Produtos Perigosos (ATPP); Autorização de Transporte de Resíduos Perigosos (ATRP); Licença Prévia (LP); Licença de Instalação (LI); Licença de Operação (LO); Licença de Instalação e Operação (LIO); Licença Ambiental Simplificada (LAS); Certificação de Isenção de Licenciamento (CIL); Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos e Renovação de LO (Feitosa et al., 2004).

A Tabela 1 mostra os decretos, leis e normativas que embasam os instrumentos legais do processo de licenciamento ambiental em Alagoas. Ressalta-se que esses instrumentos não esgotam o universo de normas envolvidas no processo de licenciamento, pois podem existir outras leis de cunho federal ou municipal.

Este estudo levou em consideração apenas as licenças ambientais para empreendimentos agroindustriais da agricultura familiar, ou não, que resultam em exigências prévias à instalação de atividades ou empreendimentos potencialmente poluidores: LP, LI e LO.

A Figura 1 mostra a primeira fase do licenciamento ambiental, conceituada como Licença Prévia. Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, ela prova a localização e concepção, atesta a

Tabela 1. Instrumentos legais que embasam os processos de licenciamento e autorizações para intervenção ambiental em Alagoas.

Instrumento legal	Descrição	Referência
Lei Estadual nº 3.859, de 3 de maio de 1978	Institui o Conselho Estadual de Proteção Ambiental (Cepram), atribui à Coordenação do Meio Ambiente da Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas competência de análise de projetos industriais e dá providências correlatas	(Alagoas, 1978)
Decreto Estadual nº 3.908, de 7 de maio de 1979	Institui o Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras ou Potencialmente Poluidoras (Selap)	(Alagoas, 1979)
Decreto Estadual nº 6.544, de 14 de agosto de 1985	Dispõe sobre a inclusão de Licença Prévia no Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras, no Decreto Estadual nº 3.908, de 7 de maio de 1979	(Alagoas, 1985)
Decreto Estadual nº 6, de 23 de janeiro de 2001	Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos previsto na Lei Estadual nº 5.965, de 10 de novembro de 1997, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos, institui o sistema estadual de gerenciamento integrado de recursos hídricos e dá outras providências	(Alagoas, 2001)
Lei Estadual nº 6.340, de 3 de dezembro de 2002	Dispõe sobre a estrutura e as competências do Instituto do Meio Ambiente (IMA)	(Alagoas, 2002)
Lei Estadual nº 6.787, de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a consolidação dos procedimentos adotados quanto ao licenciamento ambiental, as infrações administrativas e dá outras providências	(Alagoas, 2006)
Lei Delegada nº 43, de 28 de junho de 2007	Define as áreas, os meios e as formas de atuação do Poder Executivo de Alagoas	(Alagoas, 2007)
Instrução Técnica DIT/ Cojur/Dilic/IMA nº 1, de 5 de agosto de 2013	Dispõe sobre os procedimentos para solicitação de Autorização Ambiental	(Alagoas, 2013)
Resolução Cepram nº 99, de 6 de maio de 2014	Os municípios, para realizarem o licenciamento ambiental das atividades consideradas de impacto local, em conformidade com a Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, art.9º, inciso XIV, alínea 'a', devem solicitar ao Conselho Estadual de Proteção Ambiental (Cepram) o estabelecimento das tipologias em consonância com o art. 2º e seus incisos	(Alagoas, 2014b)
Resolução Cepram nº 100, de 6 de maio de 2014	Aprova pedido da Prefeitura Municipal de Maceió, de Cooperação Técnica entre o Estado de Alagoas, para promover o Licenciamento Ambiental das atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental local, conforme tipologias definidas de acordo com o "Anexo único" desta Resolução	(Alagoas, 2014a)
Lei Estadual nº 7.625, de 22 de maio de 2014	Altera a Lei Estadual nº 6.787/2006, que dispõe sobre a consolidação dos procedimentos adotados quanto ao licenciamento ambiental, as infrações administrativas e dá outras providências	(Alagoas, 2014c)
Lei Estadual nº 7.653, de 24 de julho de 2014	Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar, conforme especifica, e adota outras providências	(Alagoas, 2014d)

Fonte: Brasil (2016).

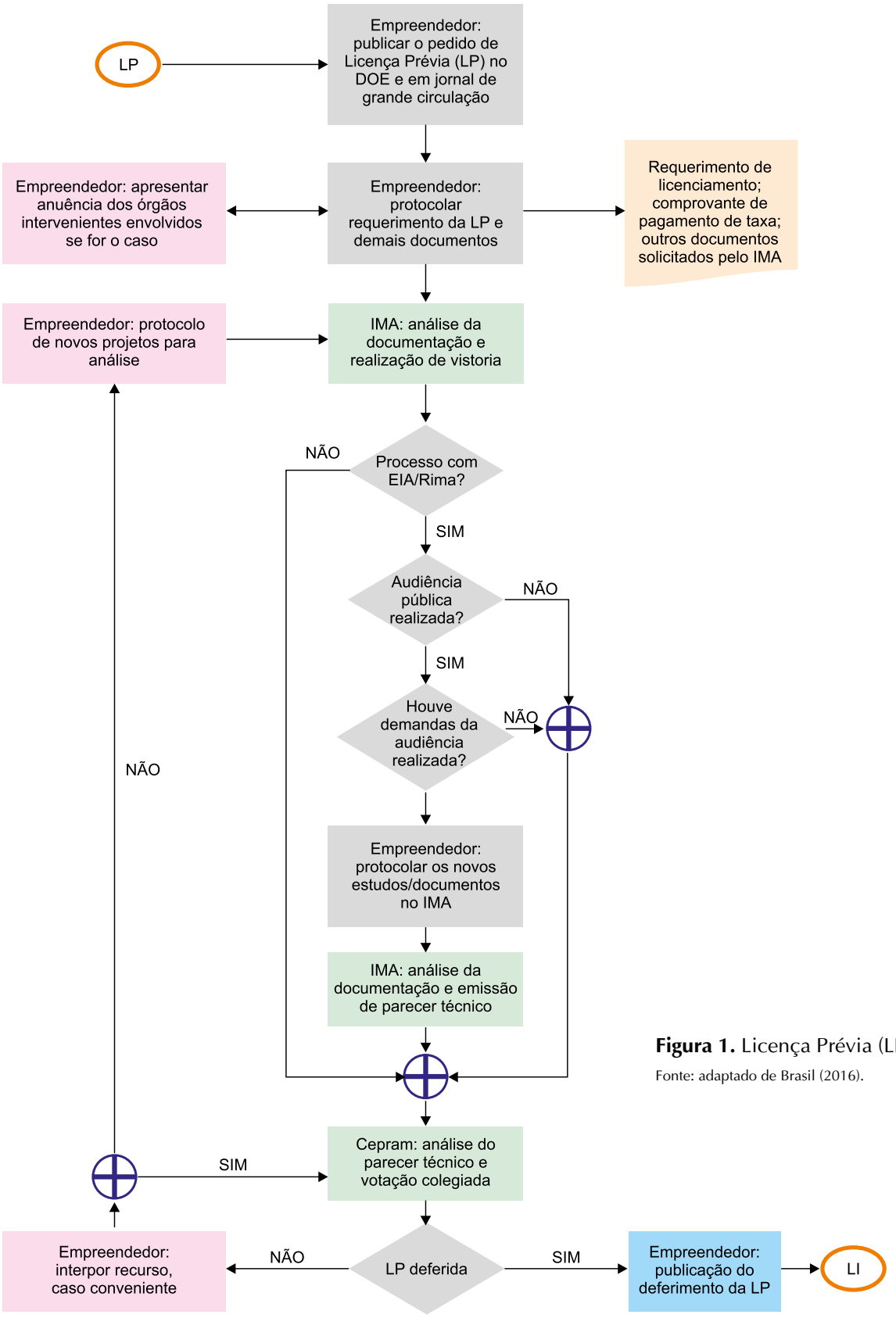


Figura 1. Licença Prévia (LP).

Fonte: adaptado de Brasil (2016).

viabilidade ambiental e estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de implantação.

No caso da Licença de Instalação (LI), a Figura 2 mostra que o processo tramita basicamente pela a mesma dinâmica da LP, seguindo os mesmos passos burocráticos. Nessa nova etapa, o empreendedor deve apresentar os projetos ambientais que serão analisados pelo IMA e pelo Conselho Estadual de Proteção Ambiental (Cepram). Esses projetos buscam amenizar os impactos ambientais esperados que foram diagnosticados no EIA e no Rima, apresentados na etapa de certificação da LP.

Nessa etapa, os custos com publicação e taxas se mantêm, mas, dependendo do passivo poluidor do estabelecimento, os custos com projetos podem subir até 20% para que se cumpram os critérios técnicos propostos pelo órgão ambiental. Se algo no projeto estiver em desconformidade, então tanto o tempo de expedição da LI quanto os valores destinados ao pagamento de projetos podem ser ampliados. Se o empreendedor não conseguir a LI no prazo de um ano, então ele terá de pedir a revalidação da LP para dar prosseguimento na LI – sem a revalidação, ele pode ser notificado e até multado.

A terceira e última etapa, Licença de Operação (LO), autoriza definitivamente a operação da atividade ou empreendimento, depois da verificação do cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controles ambientais e condicionantes determinados para a operação.

A Figura 3 mostra que o processo de licenciamento mais uma vez passa pelo mesmo trâmite técnico e burocrático das duas licenças anteriores. A diferença nessa etapa é o acompanhamento pelo IMA da implementação do projeto ambiental apresentado e aprovado na

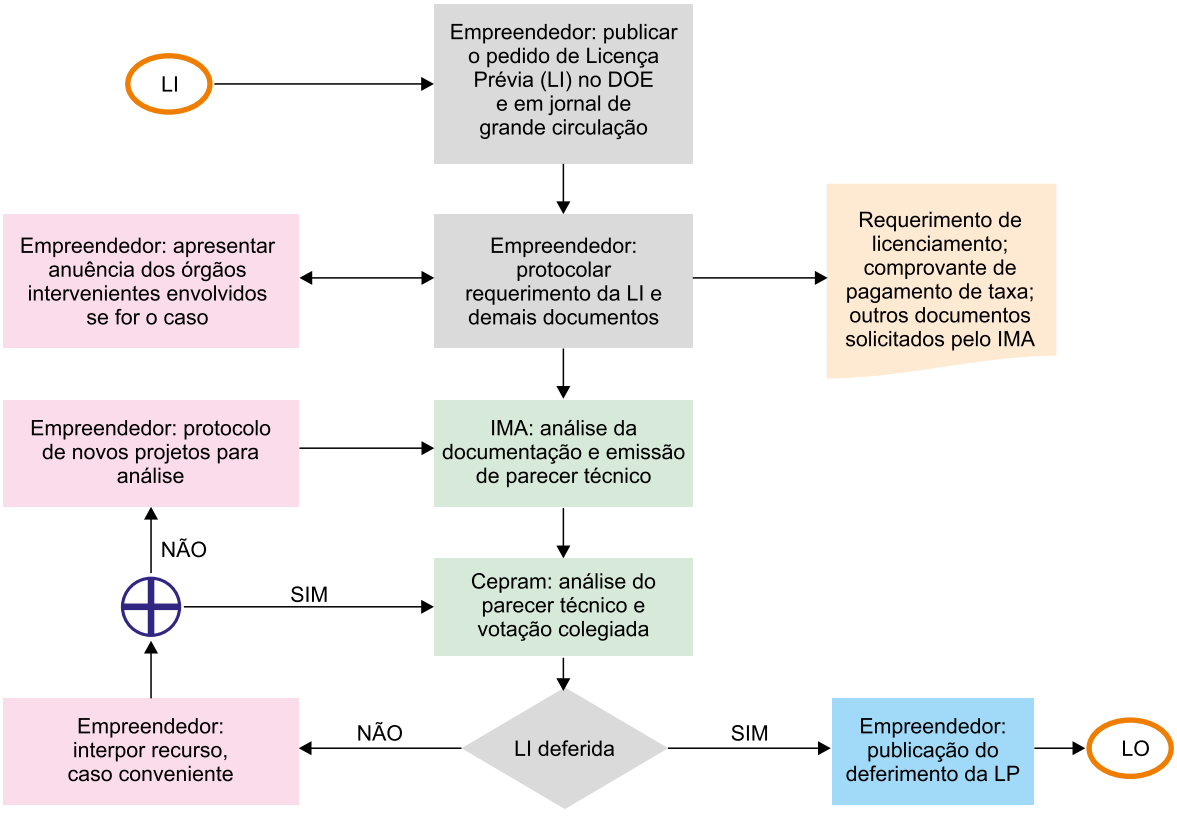


Figura 2. Licença de Instalação (LI).

Fonte: adaptado de Brasil (2016).

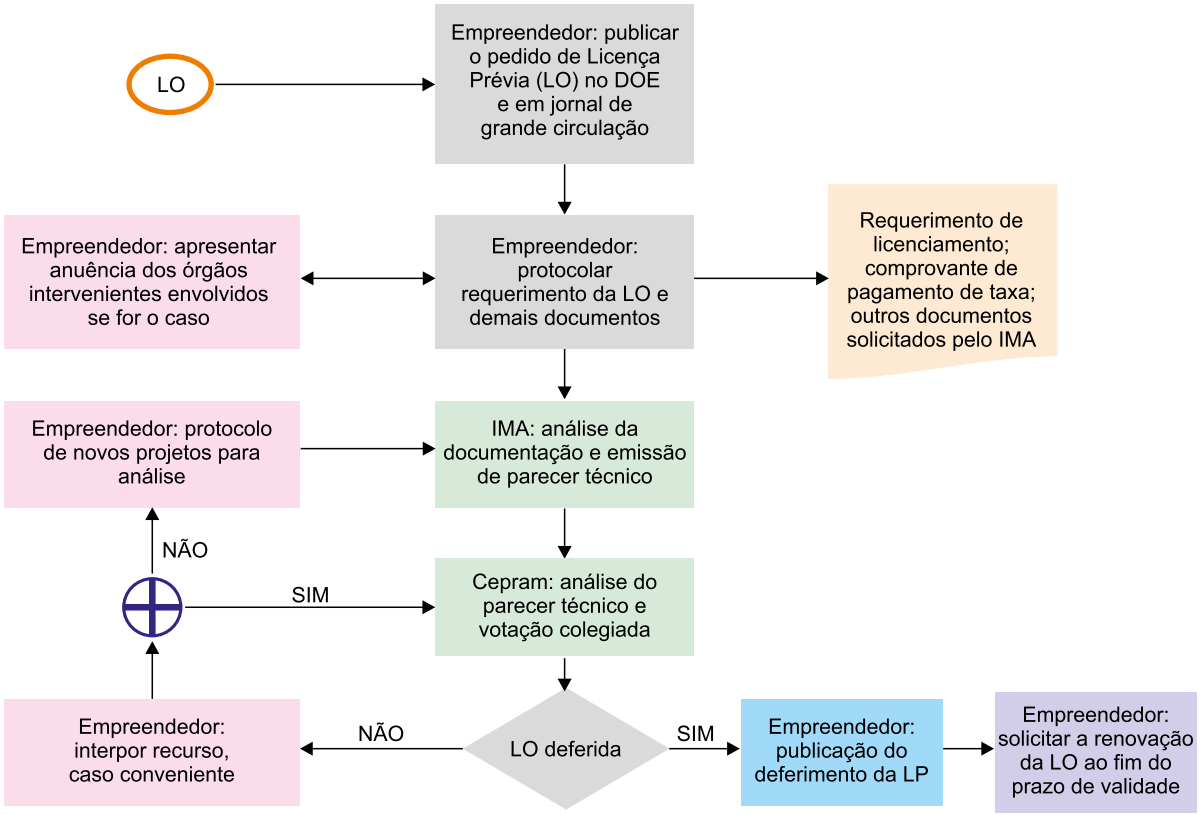


Figura 3. Licença de Operação (LO).

Fonte: adaptado de Brasil (2016).

concepção da LI para minimizar os impactos ambientais identificados no EIA e no Rima.

Cumpridas as exigências, então o IMA expedirá a licença de operacionalização do empreendimento e ficará responsável por monitorar o funcionamento do projeto de forma contínua. Os custos de publicação e taxas se mantêm, mas pode haver custos com projetos auxiliares e documentos adicionais se o órgão ambiental identificar falhas no projeto original mesmo depois da aprovação e implantação do projeto base.

Se a cooperativa demorar mais de um ano para implantar o projeto ambiental de seu empreendimento e para conseguir a LO, ela terá de pedir a revalidação da LI, sob pena de ser notificada e até multada.

Nessa etapa, o empreendedor é o responsável por todas as publicações necessárias para o processo tramitar e pelo pagamento de taxas, além de ter de prestar todos os esclarecimentos necessários ao IMA sobre o empreendimento por meio de documentação comprobatória, como projetos, alvarás e documentação pessoal, bem como documentos externos que dependam de outro órgão responsável pela parte sanitária do empreendimento, incluindo o EIA e seu respectivo Rima.

O EIA e o Rima são documentos técnicos multidisciplinares de avaliação dos impactos ambientais significativos – eles indicam também as medidas mitigadoras correspondentes. Mas a apresentação desses documentos é considerada um dos principais obstáculos enfrentados pelas cooperativas da agricultura familiar. Primeiro, por não possuírem, em seu quadro funcional, técnico capacitado para a elaboração do estudo; segundo, pela dificuldade de encontrarem no estado técnicos com perfil satisfatório; terceiro,

pelo elevado custo desses estudos. Vale ressaltar que se o estudo não for aceito pelo IMA, todo o trabalho deve ser refeito, incluindo todas as recomendações apontadas.

O IMA, nessa etapa, será responsável pela vistoria, pela análise da documentação, por fazer as audiências necessárias, emitir o parecer técnico e submeter o parecer ao Cepran, departamento ligado à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (Semarh), para que a licença possa ser diferida; caso não seja, o empreendedor poderá interpor recurso – se este não for aceito, o processo voltará para a fase inicial de elaboração de novos estudos ambientais.

Segundo as cooperativas, na primeira etapa os custos com taxas e publicações são baixos e não ultrapassam os R$ 600,00. Mas já com o EIA e o Rima, os custos, dependendo do empreendimento, podem variar de R$ 2.500,00 a R$ 8.000,00, e o tempo estimado, se a documentação estiver dentro das conformidades, pode chegar a seis meses.

Observa-se que qualquer licença aprovada terá a validade de um ano – LP, LI ou LO –, mesmo que o empreendimento esteja licenciado, o que implicará mais taxas e despesas com publicação. Dependendo da evolução do empreendimento, o IMA pode solicitar novos projetos ao possível poluidor, ou seja, o licenciamento ambiental é construído diuturnamente. Uma vez aprovada a licença, sua revalidação, anualmente, implicará mais custos.

Embora as cooperativas da agricultura familiar tenham uma vasta gama de produtos, e a industrialização seja a única forma de agregar maior valor a eles, o trâmite burocrático e os elevados custos com projetos, que culminam com demora excessiva, não têm contribuído para que esses empreendimentos se industrializem e se mantenham regularizados ambientalmente.

O Sebrae (2019) destaca que a burocracia excessiva em Alagoas tem dificultado a criação de novos empreendimentos da agricultura familiar: são 23 passos a serem seguidos e prazo aproximado de 29 meses para a implantação de uma agroindústria, pois as cooperativas ou demais empresas têm de passar por dez órgãos para conseguir vistos, obter declarações e pagar taxas e licenças, entre outras exigências. Essa burocracia é o principal motivo para a informalidade.

Esta pesquisa constatou que apenas 16,66% das cooperativas estudadas têm certificação ambiental, que são, no geral, grandes cooperativas, com grande diversidade de produtos e com capacidade técnica superior, tanto de articulação quanto de gerenciamento.

Já as cooperativas que possuem apenas uma linha de produção não conseguem se adequar às normas ambientais, como as de polpas de frutas, de processamento de tubérculos e de derivados lácteos, e elas correspondem a 83.33% dos empreendimentos pesquisados. Ressalta-se que, desse conjunto, 20% adotam sistemas de parcerias, 50 % terceirizam, 20% praticam o intercooperativismo e 10% ainda trabalham na informalidade, passíveis de sofrerem penalidades e multas.

A parceria ocorre quando a cooperativa adquire o produto já industrializado para atender a uma demanda especifica do mercado convencional. Nesse caso, a parceria se dá na comercialização e na logística de entrega. Já a terceirização ocorre quando a cooperativa oferece a matéria-prima e paga apenas os custos de industrialização – em alguns casos, pagam pela logística de entrega. Geralmente é esse sistema que permite que as cooperativas atendam às políticas de comercialização, como o Programa de Aquisição de Alimento (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae).

Todas as cooperativas pesquisadas que optaram por industrializar pelos mecanismos de parcerias ou de terceirização preferem pagar por isso a enfrentar o árduo processo de certificação ambiental, já que a certificação exige construir ou adaptar uma indústria às conformidades ambientais. Além disso, existem as questões sanitárias e os valores de construção e adaptação de estrutura, e tudo isso demanda grande volume de recursos. Então, quando adotam essas estratégias, elas se livram de ser autuadas, multadas ou de responderem por crimes ambientais – para os

entrevistados, a relação benefício/custo é evidentemente favorável.

Considerações finais

Este estudo revela que a burocracia que resulta em demora excessiva para as certificações ambientais ocasionada pelo modelo adotado pelo IMA constitui o principal fator impeditivo para a regularização de indústrias ligadas às cooperativas da agricultura familiar. O prazo para certificar um empreendimento é de, no mínimo, 24 meses, mas pode ser ampliado para o dobro, a depender da agilidade da cooperativa em sanar as pendências e da disposição técnica do IMA.

Ficou evidenciado que a burocracia no processo de certificação poderia ser reduzida, pois todas as três certificações (LP, LI e LO) passam pelos mesmos passos e crivo técnico dentro do órgão. Apesar de possuírem objetivos distintos dentro do escopo institucional, elas poderiam ser unificadas.

Para contornar as questões ambientais e poder agregar valor aos produtos para atender tanto aos mercados governamentais quanto aos convencionais, as cooperativas da agricultura familiar têm adotado os sistemas de parceria e de terceirização em vez de enfrentar o processo de certificação ambiental. Garantem assim a comercialização sem problemas ambientais, num processo absolutamente normal e lícito dentro do trâmite comercial. Foram identificados também avanços na prática de intercooperação.

Foi possível verificar também que, apesar das constantes investidas da fiscalização ambiental, ainda existe uma minoria de cooperativas que comercializa produtos sem a devida certificação ambiental, mas sem oferecer risco à saúde humana, por estarem devidamente certificadas sanitariamente.

Referências

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. 2.ed. Campinas: Hucitec, 1998. (Estudos Rurais, 12).

ALTMAN, M. Cooperative organizations as an engine of equitable rural economic development. **Journal of Cooperative Organization and Management**, v.3, p.14-23, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcom.2015.02.001.

AZEVEDO, P.F. Comercialização de produtos agroindustriais. In. BATALHA, M.O. (Coord.). **Gestão agroindustrial**. 3.ed. 6.reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento Ambiental. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237>. Acesso em: 28 dez. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 385, de 27 de dezembro de 2006**. Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental. 2006a. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=513>. Acesso em: 28 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Dispõe sobre as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. 2006b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm>. Acesso em: 22 nov. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Procedimentos de Licenciamento Ambiental do Brasil**. Brasília, 2016. 544p. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/images/2018/08/VERS%C3%83O-FINAL-E-BOOK-Procedimentos-do-Lincenciamento-Ambiental-WEB.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2020.

CARRAZZA, L.R. (Org.). **Caderno de normas fiscais, sanitárias e ambientais**: regularização de agroindústrias comunitárias de produtos de uso sustentável da biodiversidade. Brasília: ISPN, 2011. Disponível em: <https://doczz.com.br/doc/342977/normas-fiscais--sanit%C3%A1rias-e-ambientais>. Acesso em: 5 jan. 2020.

CARRAZZA, L.R.; NOLETO, R.A.; FILIZOLA, B. de C. (Org.). **Cadernos de normas fiscais, sanitárias e ambientais**: regularização de agroindústrias comunitárias de produtos da sociobiodiversidade. 2.ed. Brasília: ISPN, 2012. Disponível em: <https://ispn.org.br/site/wp-content/uploads/2018/10/NormasFiscaisSanitariasAmbientais.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2020.

COSTA, R. Comercialização e transformação dos produtos da agricultura familiar: alguns pontos a discutir. In: KÜSTER, A.; MARTÍ, J.F.; FICKERT, U. (Org.). **Agricultura familiar, agroecologia e mercado no Norte e Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2004. Disponível em: <https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=96f79552-314e-779e-dbcb-a0c155694ece&groupId=252038>. Acesso em: 5 jan. 2020.

FEITOSA, I.R.; LIMA, L.S.; FAGUNDES, R.L. **Manual de Licenciamento Ambiental**: guia de procedimento passo a passo. Rio de Janeiro: GMA, 2004. Disponível em: <https://www.academia.edu/34966362/Manual_de_Licenciamento_Ambiental_Guia_de_procedimentos_passo_a_passo_Guia_de_procedimentos_passo_a_passo>. Acesso em: 8 jan. 2020.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2020.

IMA. **Instituto do Meio Ambiente [do] Estado de Alagoas**. Disponível em: <http://consulta.ima.al.gov.br/inicio>. Acesso em: 26 dez. 2019.

LAUSCHNER, R. **Cooperativismo e agricultura familiar**. São Leopoldo: Inisinos, 1994. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/cooper-e-agric-familiar.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2020.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

MALDONADO, F.; SANTOS, A.C. dos. Cooperativas de pescadores artesanais: uma análise sob a perspectiva teórica. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.8, p.323-333, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/23945583_COOPERATIVAS_DE_PESCADORES_ARTESANAIS_UMA_ANALISE_SOB_A_PERSPECTIVA_TEARICA>. Acesso em: 7 jan. 2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Deficiências em estudos de impacto ambiental**: síntese de uma experiência. Brasília: Ministério Público Federal, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão: Escola Superior do Ministério Público, 2004. Disponível em: <http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/deficiencias-em-estudos-de-impacto-ambiental>. Acesso em: 10 jan. 2020.

NEUMANN, P.S. A agroindústria familiar de vinho na região da quarta colônia do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 7., 2007, Fortaleza. **Agricultura familiar, políticas públicas e inclusão social**: anais. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 1 CD. Organizado por Helenira Ellery Marinho Vasconcelos, Vitor Hugo de Oliveira, Andréia Hansen Oster.

OLIVEIRA, L. de. Percepção ambiental. **Revista Geografia e Pesquisa**, v.6, p.56-72, 2012.

PERNAMBUCO. **Decreto nº 42.109, de 3 de setembro de 2015**. Dispõe sobre a habilitação e o licenciamento sanitário do Estabelecimento Agroindustrial Rural de Pequeno Porte. 2015. Disponível em: <https://www.adagro.pe.gov.br/images/legislacao/decretos/Decreto_42109_de_2015_-_Dispe_sobre_a_habilitao_e_o_licenciamento_sanitrio_do_Estabelecimento_Agroindustrial_Rural_de_Pequeno_Porte.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2020.

PREZZOTO, L.L. **Agroindústria da agricultura familiar**: regularização e acesso ao mercado. Brasília: CONTAG, 2016. 60p. il. Disponível em: <http://www.contag.org.br/imagens/ctg_file_1879374735_13122016174616.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2020.

RENNINGS, K. **Towards a theory and policy of eco-innovation – neoclassical and (co-) evolutionary perspectives**. Mannheim: Leibniz Centre for European Economic Research, 1998. (ZEW Discussion Paper, n.98-24). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10419/24575>. Acesso em: 10 jan. 2020.

RIOS, G.S.L.; CARVALHO, D.M. de. Associações de agricultores familiares como estruturas de ensaio pré-cooperativas. **ESAC - Economia Solidária e Ação Cooperativa**, v.2, p.129-136, 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/7746835/Artigo_ESAC_Gilvando_e_Daniela_05>. Acesso em: 3 jan. 2020.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Apresentação da carga burocrática no Estado de Alagoas**: audiência pública sobre a desburocratização do serviço sanitário e ambiental. Maceió, setembro de 2019. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br>. Acesso em: 3 jan. 2020.

UNICAFES. União das Cooperativas da Agricultura Familiar e Economia Solidária. **Documento base do III Congresso Nacional**. Brasília, 2011.

VEIGA, J.E. da. Agricultura familiar e sustentabilidade. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.13, p.383-404, 1996. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/sxee0s0>. Acesso em: 8 jan. 2020.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our common future**. [Oxford: Oxford University Press], 1987. Report. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2020.

Política pública de apoio à agricultura digital[1]

Marcos Paulo Rodrigues de Souza[2]
Zelimar Soares Bidarra[3]

Resumo – Este estudo traçou, com base em dados extraídos das plataformas web do governo federal, um panorama geral da política pública federal de apoio à transformação digital na agropecuária brasileira. Os resultados apontam que o fenômeno da agricultura digital (Agro 4.0) motivou o governo federal a instituir o CT-Agronegócio, o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação, a Lei Geral de Proteção de Dados, o Plano Nacional de Internet das Coisas e a Comissão de Agricultura de Precisão e Digital. Essas ações, juntamente com a atuação da Embrapa Informática Agropecuária, do BNDES Piloto IoT, da Câmera do Agro 4.0, do Programa Ater Digital e do Programa Agro 4.0, visam estimular o desenvolvimento de tecnologias digitais e melhorar a fluidez de sua adoção pelos atores da agropecuária brasileira. Porém, embora existam inúmeros benefícios, são necessários avanços no sentido de incluir no processo os produtores – familiares, pequenos, médios e grandes – e trabalhadores rurais, bem como seus familiares. São necessários investimentos específicos em infraestrutura de conectividade e estímulos à capacitação profissional dos atores no uso de tecnologias digitais, com vistas a minimizar os impactos no mundo rural e no mercado de trabalho no campo. Além disso, os governantes devem fomentar o desenvolvimento de soluções tecnológicas digitais para os problemas de produção e gestão na atividade rural adaptadas aos diversos perfis de produtores rurais, promover a adoção de tecnologias digitais em todas as regiões do País e criar um ambiente institucional seguro para o uso de dados pelas tecnologias do Agro 4.0.

Palavras-chave: agricultura, inovação, pecuária, programa, tecnologia digital.

Public policy in support of digital agriculture

Abstract – This study aimed to provide an overview of the federal public policy to support digital transformation in the Brazilian agriculture, based on data extracted from the federal government web platforms. The results show that the phenomenon of digital agriculture (Agro 4.0) motivated the federal government to institute the CT-Agronegócio, the legal framework for science, technology and innovation (Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação), the general data protection law (Lei Geral de Proteção de Dados), the national plan for the internet of things (Plano Nacional de Internet das Coisas), and the comission for the precision and digital agriculture (Comissão de Agricultura de Precisão e Digital). These actions and the joint performance of Embrapa Informática Agropecuária, BNDES Piloto IoT, the Câmera of Agro 4.0, the Programa ATER Digital, and the Programa Agro

[1] Original recebido em 17/6/2021 e aprovado em 21/12/2021.

[2] Doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. E-mail: marcos.paulo@unespar.edu.br

[3] Doutora em Educação. E-mail: zelimar@yahoo.com.br

4.0, aim to encourage the development of digital technologies and to improve the fluidity of their adoption by the actors of the Brazilian agriculture and livestock. Nevertheless, despite the numerous benefits, progress is needed in the sense of including producers – family, small, medium and large –, and rural workers as well as their families in this process. Specific investments in connectivity infrastructure and incentives for the professional training of actors in the use of digital technologies are needed, to minimizing the impacts on the rural world and on the rural labor market. In addition, government officials should promote the development of digital technological solutions to the problems of production and management of the rural activity, which are adapted to the different profiles of rural producers, besides promoting the adoption of digital technologies in all regions of Brazil and creating a safe institutional environment for the use of data through Agro 4.0 technologies.

Keywords: agriculture, innovation, livestock, program, digital technology.

Introdução

Desde a década de 1990, a agropecuária no Brasil é influenciada por um novo modelo de produção, fundamentado no intenso uso de inovações científico-tecnológicas, na maior participação de companhias multinacionais e na comercialização da produção em âmbito global, o que impacta profundamente os espaços rurais produtivos (Santos, 2018).

A crescente demanda por alimentos e bioenergia tem pressionado os produtores rurais a buscarem alternativas para ampliar a produção e a produtividade, o que não é apenas local, mas global. Nesse sentido, exige-se do agropecuarista a otimização de recursos, sejam eles naturais, financeiros e mesmo humanos, com vistas a atender às necessidades da atual e das futuras gerações. Diante disso, uma alternativa é a adoção de inovações tecnológicas – de tecnologias digitais, mais precisamente.

No setor primário (agricultura e pecuária), a capacidade de inovar é essencial para se manter competitivo num mercado de concorrência global. A adoção de novas tecnologias tem sido fundamental para alcançar maiores índices de produtividade com sustentabilidade e para o desenvolvimento econômico. Diante do desafio de produzir alimentos de maneira sustentável, o processo de produção agrícola deve integrar conhecimentos agronômicos, máquinas agrícolas modernas e tecnologias digitais (Bassoi et al., 2019).

O papel do Brasil nesse contexto é fundamental, já que o País é reconhecido por sua excelência na geração de conhecimento aplicado à produção agropecuária. Nessa temática, é importante ressaltar que a inovação na agricultura precisa de um arcabouço institucional que seja capaz de produzir conhecimento público, de ampliar oportunidades de geração de tecnologia e de estimular os agentes na produção e acúmulo de conhecimentos (Vieira Filho, 2012).

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas e implementadas na agricultura e na pecuária para enfrentarem questões climáticas, sanitárias, organolépticas, mercadológicas e relacionadas à gestão da mão de obra. Esse paradigma tecnológico envolve Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), inteligência artificial, Internet das Coisas/IoT (Internet of Things), plataformas de computação na nuvem, mídias sociais, big data e ciência de dados, realidade virtual, realidade aumentada, robótica, aprendizado de máquina, biotecnologia, nanotecnologia e bioinformática. Esse fenômeno, conhecido como Agricultura Digital ou Agro 4.0 está revolucionando o trabalho no campo, com a combinação do uso de hardware, software e ferramentas digitais para análise de dados do mundo rural (Moura, 2019; Vieira, 2019; Massruhá et al., 2020).

Estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (Inpe) revelou que 84% dos agricultores brasileiros já adotam pelo menos uma tecnologia digital como

ferramenta de apoio na produção agrícola. Os resultados do estudo apontam que a facilidade de comunicação e de acesso à informação, proporcionada pela internet, são a porta de entrada para introduzir o agricultor a novas tecnologias, como aplicativos de celular e drones. Além disso, o estudo aponta que os agricultores sentem falta de soluções tecnológicas que possam melhorar o planejamento e a gestão da propriedade rural, que devem surgir, principalmente, por meio de aplicativos e plataformas web, mas também via inovações em sensores e outros equipamentos e técnicas mais avançados, como inteligência artificial, IoT, automação, robótica, big data, criptografia e *blockchain*. (Agricultura..., 2020).

A literatura sobre essa temática é incipiente e, portanto, faz-se necessário conhecer as iniciativas do poder público federal no Brasil diante dos desafios da agropecuária quanto à adoção de tecnologias digitais. Assim, pretende-se buscar resposta ao seguinte questionamento: quais são os programas e ações implementados pelo poder público federal que incentivam o desenvolvimento de tecnologias digitais e sua adoção pelos atores da agropecuária no Brasil? Por conseguinte, o objetivo do estudo é descrever a política pública, desenvolvida no âmbito federal, de apoio à transformação digital na agropecuária brasileira.

Segundo estimativas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), as iniciativas que abrangem a agricultura digital devem movimentar cerca de US$ 21 bilhões em negócios nas áreas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) no Brasil (Camargo, 2019). Desse modo, mapear a política pública federal desenvolvida sobre o tema pode ser útil na disseminação de conhecimentos, tornando as tecnologias digitais acessíveis também aos agricultores familiares e aos pequenos e médios produtores rurais.

Metodologia

Este estudo, de caráter exploratório-descritivo, explora e descreve a política pública federal e ações governamentais implementadas para estimular a adoção de tecnologias digitais pelos produtores rurais brasileiros. Ressalta-se que o objetivo aqui não é esgotar o assunto, mas traçar um panorama geral sobre as iniciativas do poder público federal diante do fenômeno do Agro 4.0 no País.

Os dados foram extraídos das plataformas web do governo federal. Para análise e discussão da política pública em questão, foram utilizados estudos sobre a temática de inovações tecnológicas que estão relacionadas com a agricultura digital.

Resultados

Os primeiros registros de iniciativas do poder público relacionadas com as questões que envolvem tecnologia e inovação no campo ocorreram na década de 1970 quando foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio da Lei Federal nº 5.851/1972 (Brasil, 1972).

A constituição da Embrapa foi uma importante ação na promoção do desenvolvimento tecnológico agrícola no Brasil, já que a principal função da pesquisa pública na agricultura é a de viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável, por meio da geração, da adaptação e da transferência de conhecimentos e de tecnologias ao setor produtivo (Vieira Filho, 2012).

Na década de 1990, o governo federal, por meio da Lei Federal nº 8.171/1991 e da Portaria Federal nº 193/1992 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), instituiu o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). Esse sistema é formado pela Embrapa e suas unidades, pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), por universidades e institutos de pesquisa federais e estaduais, além de outras organizações, públicas e privadas, direta ou indiretamente ligadas às atividades de pesquisa agropecuária (Vieira Filho, 2012).

Especificamente sobre o tema da agricultura digital, em Campinas, SP, está sediada

a Embrapa Informática Agropecuária. Essa unidade, criada em 1985, é voltada para pesquisas e projetos em tecnologia da informação para a agropecuária, como engenharia de sistemas de software, computação científica, tecnologia de comunicação, bioinformática e agroclimatologia (Embrapa, 2020).

O papel da Embrapa Informática Agropecuária é apoiar políticas públicas, integrar a agropecuária brasileira ao conhecimento científico e às tecnologias da informação, além de contribuir com a constituição de um ambiente de inovação aberta em agricultura digital, com vistas a fomentar o uso e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e sustentáveis para a agropecuária brasileira e apoiar o produtor rural brasileiro na transformação tecnológica que ocorre no campo. Essas ações são possíveis graças a parcerias técnicas com governos, instituições de pesquisa e ensino, empresas privadas, startups, cooperativas, associações e entidades de assistência técnica e extensão rural (Embrapa, 2020).

O fenômeno da agricultura digital motivou o governo federal a desenvolver e implementar uma política pública com vistas a melhorar a fluidez com que os atores da agropecuária brasileira assimilam esse conjunto de transformações. O desenvolvimento dessa política pública direta ou indiretamente voltada à agropecuária é apresentado na Tabela 1.

A Lei Federal nº 10.332/2001 criou um fundo setorial de agronegócio (CT-Agronegócio) que instituiu mecanismos de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o agronegócio. Além disso, esses mecanismos visam atrair investimentos nacional e internacional para o setor (Brasil, 2002). O foco desse fundo é a capacitação científica e tecnológica nas áreas de agronomia, veterinária, biotecnologia, economia e sociologia agrícola, e seu objetivo é a ampliação de investimentos em pesquisas de sistemas, técnicas, métodos e processos que resultem em inovação, qualidade e aumento de competitividade na exportação dos produtos agrícolas e pecuários do Brasil. O CT-Agronegócio também direciona recursos para a atualização tecnológica da agroindústria, além de estimular a ampliação de investimentos na área de biotecnologia agrícola tropical e difusão de novas tecnologias (Brasil, 2002).

O CT-Agronegócio tem como fonte 17,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide), a qual provém de uma alíquota de 10% sobre a remessa de recursos ao

Tabela 1. Política pública de apoio à agricultura digital.

Desenvolvimento da política pública	Ano	Marco legal	Objetivo
CT-Agronegócio	2001	Lei Federal nº 10.332/2001 (Brasil, 2001)	Atrair investimentos para o agronegócio e instituir mecanismos de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia do setor
Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação	2016	Lei Federal nº 13.243/2016 (Brasil, 2016a)	Promover atividades científicas e tecnológicas como estratégias para o desenvolvimento econômico e social
Lei Geral de Proteção de Dados	2018	Lei Federal nº 13.709/2018 (Brasil, 2018)	Proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural
Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT.BR)	2019	Decreto Federal nº 9.854/2019 (Brasil, 2019b)	Implementar a IoT como ferramenta de desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira
Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital	2019	Decreto Federal nº 10.052/2019 (Brasil, 2019a)	Difundir a importância da agricultura de precisão e digital para o desenvolvimento agropecuário e para a promoção da sustentabilidade socioambiental no Brasil

exterior. Os recursos do CT-Agronegócio são destinados para pagamento de assistência técnica, royalties, serviços técnicos especializados ou profissionais. O uso de tais recursos deve estar alinhado com os critérios previstos pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o qual deve, obrigatoriamente, destinar no mínimo 30% dos recursos do CT-Agronegócio para o financiamento de projetos de instituições sediadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com o intuito de cooperar com o desenvolvimento regional harmonizado (Brasil, 2002).

Das diretrizes gerais do CT-Agronegócio, as que estão direcionadas para a agricultura digital são: i) contribuir para o fortalecimento da infraestrutura de CT&I voltada para o setor; ii) incentivar a criação e a consolidação de sistemas de informação voltados ao desenvolvimento do agronegócio; iii) contribuir para a implantação e consolidação da infraestrutura de normalização, metrologia, avaliação da conformidade, propriedade intelectual, informação tecnológica e tecnologias de gestão voltadas ao agronegócio; iv) promover a geração e a consolidação de empresas de base tecnológica voltadas ao agronegócio; v) desenvolver estratégias que viabilizem a realização de estudos sobre as novas formas de gestão institucional do agronegócio; vi) incentivar a adoção de técnicas e estratégias que visem à inserção brasileira em redes internacionais de pesquisa e desenvolvimento; vii) contribuir para a realização de estudos prospectivos relativos às demandas do agronegócio; viii) contribuir para a qualificação de recursos humanos no desenvolvimento de inovação e gestão de empresas ligadas ao agronegócio; ix) apoiar um programa de capacitação científica para a formação de recursos humanos estratégicos voltados ao agronegócio; e x) promover a formação de redes interinstitucionais e multidisciplinares de pesquisa para o desenvolvimento de projetos de CT&I para o agronegócio (Brasil, 2002).

O marco legal da CT&I, Lei Federal nº 13.243/2016 (Brasil, 2016a), estabelece medidas que incentivam a inovação e a pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. Tais medidas estimulam a integração de companhias privadas ao sistema público de pesquisa, a simplificação de processos administrativos nas organizações públicas de pesquisa e a descentralização do fomento a setores de CT&I, e seus objetivos são a capacitação tecnológica, o alcance da autonomia tecnológica e o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional, com vistas a alcançar maior flexibilidade e criar novos ambientes de atuação que envolvem duas dimensões: ecossistemas de inovação e mecanismos de geração de empreendimentos (Embrapa, 2018).

Com a chegada de tecnologias digitais no campo, surgem oportunidades e benefícios aos atores da agropecuária, mas também desafios e preocupações. A adoção de tecnologias digitais de big data, por exemplo, envolve uma quantidade enorme de dados profissionais e pessoais. Assim, faz-se necessário uma legislação que proteja tais dados. No Brasil, o poder público editou a Lei Federal nº 13.709/2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), cujo objetivo é a proteção dos direitos fundamentais de liberdade, privacidade e personalidade da pessoa física (Ejnisman et al., 2019).

A necessidade de ampliar a infraestrutura também é um obstáculo a ser superado para melhorar a conectividade no campo. Diante disso, o Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT.BR), regulamentado pelo Decreto Federal nº 9.854/2019 (Brasil, 2019b), tem o objetivo de implantar a IoT como ferramenta de desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira. Para a definição das estratégias do plano, o BNDES sugeriu quatro "verticais" de aplicação de IoT – indústria, saúde, rural e cidades –, e para cada vertical foi criada uma câmara. A Câmara do Agro 4.0, liderada pelo Mapa e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), tem como objetivo promover ações de expansão da internet no campo e investimentos em tecnologias e serviços inovadores no ambiente rural e, por conseguinte, aumentar a produtividade no campo (Brasil, 2020b).

Além das iniciativas do poder público federal nas últimas cinco décadas, são notados avanços na política alinhada com a transformação tecnológica no meio rural. Para difundir a importância da agricultura digital e outras tecnologias e contribuir para o desenvolvimento da agropecuária brasileira, foi instituída, pelo Decreto Federal nº 10.052/2019, a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (CBAPD), que atua de forma consultiva no âmbito do Mapa (Brasil, 2019a, 2019c).

O Decreto Federal nº 10.052/2019 (Brasil, 2019a) estabelece que é de competência da CBAPD a difusão da importância da agricultura de precisão e digital para o desenvolvimento agropecuário e para a promoção da sustentabilidade socioambiental no Brasil. Além disso, entre outras atribuições, a comissão tem o papel de apoiar programas de qualificação profissional, treinamento e capacitação, de incentivar a implementação de políticas públicas e identificar as demandas e as tendências do agronegócio (Brasil, 2019c).

A CBAPD é composta pelo Departamento de Apoio à Inovação para Agropecuária da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação do Mapa, por integrantes do MCTIC, além de representantes de instituições do agronegócio, cooperativas agropecuárias, produtores rurais, prestadores de serviços, indústria de máquinas e equipamentos agrícolas e de insumos e por entidades de áreas ligadas à tecnologia, informática, pesquisa e assistência técnica eletrônica (Brasil, 2019c).

A partir da construção dessa política pública voltada à agricultura digital, ações de apoio ao desenvolvimento e adoção de tecnologias digitais no campo também foram desenvolvidas (Tabela 2).

O BNDES tem desenvolvido estudos-piloto com o objetivo de diagnosticar e propor um plano de ação estratégico de implantação de IoT no Brasil. Entre os projetos, destaca-se o Agro 4.0: IoT Embrapa Ambiente Rural, desenvolvido em parceria com a Embrapa Informática Agropecuária, cujo objetivo é otimizar o monitoramento de microclima, a gestão de pragas e maquinários, o monitoramento de bem-estar animal na bovinocultura, a gestão de desempenho de máquinas, o monitoramento da produtividade humana por *analytcs* e o uso de sistemas de IoT para a integração lavoura-pecuária-floresta (Massruhá, 2019).

No projeto-piloto IoT desenvolvido pelo BNDES, os trabalhos que envolvem a agricultura digital estão inseridos numa estratégia organizada em quatro fases: 1) desenhar a visão de futuro para fortalecer, de maneira sustentada, o fluxo de inovação na agropecuária; 2) estabelecer prioridades em inovação digital, com foco em resolver

Tabela 2. Ações de apoio à agricultura digital.

Ação	Ano	Execução	Objetivo relacionado à agricultura digital
BNDES Piloto IoT	2017	BNDES	Diagnosticar e propor um plano de ação estratégico de implantação de IoT no Brasil
Câmara do Agro 4.0	2019	Mapa e MCTIC	Promover ações de expansão da internet no campo e a aquisição de tecnologias e serviços inovadores no ambiente rural
Programa Ater Digital	2020	SAF[(1)]	Fortalecer e ampliar o Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural por meio de um modelo inovador de governança, promovendo a ampla utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)
Programa Agro 4.0	2020	ABDI[(2)], Mapa, ME[(3)] e MCTIC	Incentivar a constituição de um ambiente de inovação por meio de 14 projetos-piloto de adoção e de disseminação de tecnologias digitais para o agronegócio brasileiro

[(1)] Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo; [(2)] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; [(3)] Ministério da Economia.

problemas-chave do "mundo real", oriundas das câmaras setoriais, para fortalecer o fluxo de inovação nas cadeias produtivas agropecuárias e subsidiar políticas públicas; 3) induzir ações de PD&I estruturantes em inovação digital para a cristalização dos impactos almejados para a agropecuária; e 4) ampliar o engajamento e as oportunidades para parcerias público-privadas ao longo do fluxo de inovação (Massruhá, 2019).

Esse projeto-piloto visa aumentar a produtividade e a relevância do Brasil no comércio mundial de produtos agropecuários, além de acelerar a implantação da IoT como instrumento de desenvolvimento sustentável, capaz de aumentar a competitividade da economia, fortalecer as cadeias produtivas nacionais e promover a melhoria da qualidade de vida da população (BNDES, 2017).

No ambiente rural, os objetivos estratégicos buscam: i) o uso eficiente de recursos naturais e insumos (aumentar a produtividade e qualidade da produção rural brasileira pelo uso de dados); ii) o uso eficiente de maquinários (otimizar o uso de equipamentos no ambiente rural pelo uso de IoT); e iii) a segurança sanitária (aumentar o volume de informações e sua precisão no monitoramento de ativos biológicos), além da promoção da adoção de soluções desenvolvidas localmente para desafios do ambiente (BNDES, 2017).

Entre as ações estruturantes de inovação e inserção internacional, destaca-se o estímulo à experimentação, cooperação e disseminação de modelos de negócios bem-sucedidos. Quanto à infraestrutura de conectividade e interoperabilidade, as principais ações estruturantes voltadas para o ambiente rural visam: i) ampliar a oferta de redes de comunicação, com base em mecanismos para estímulo de provedores regionais, com especial ênfase para a oferta de conectividade para o ambiente rural; ii) e articular o tema IoT em políticas públicas de ampliação de soluções e infraestrutura para conectividade, com o alinhamento de elementos do Plano Nacional de Conectividade (PNC) que assegurem conectividade de alta velocidade em municípios com produção rural abundante (BNDES, 2017).

Dessas iniciativas, destaca-se a proposta de ampliar a força de trabalho qualificada em IoT no meio rural, por meio da incorporação de disciplinas relacionadas à IoT e à agricultura de precisão em cursos de agronomia, zootecnia e veterinária, e da oferta de cursos de extensão e pós-graduação para formar especialistas da área de tecnologia com conhecimento agrícola (BNDES, 2017).

Alinhada com o marco legal de CT&I, a Câmara do Agro 4.0 vai definir ações prioritárias para o setor agropecuário no que diz respeito à conectividade no campo, com vistas a ampliar a adoção de tecnologias digitais em todo o País, com atenção especial aos produtores rurais das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Cipriano, 2019; Agricultura..., 2020).

A Câmara do Agro 4.0 possui um Conselho Superior, formado por representantes do Mapa, do MCTIC, da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e da Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB). Ela é composta de quatro Grupos de Trabalho Permanentes: Conectividade no Campo; Desenvolvimento, Tecnologia e Inovação; Desenvolvimento Profissional; e Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores. Juntamente com o Conselho Superior, os grupos de trabalho são compostos por instituições acadêmicas, institutos de ciência e tecnologia e por atores da iniciativa privada, como associações e entidades representativas (Cipriano, 2019).

Com o objetivo de fortalecer e ampliar o Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural (Sbater), o Mapa lançou o Programa Ater Digital. As iniciativas desenvolvidas por esse programa incentivam as organizações públicas e privadas quanto ao uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), com o intuito de alcançar maior produtividade e competividade da agricultura brasileira. O Ater Digital busca ampliar a oferta de serviços modernos e eficientes e melhorar o acesso dos pro-

dutores rurais às TIC. Com os recursos investidos no programa, o Mapa espera gerar benefícios aos produtores rurais, como a maior agilidade no acesso a conhecimentos tecnológicos e inovadores sobre a produção agrícola, além da maior integração entre as ações de pesquisa, extensão rural e assistência técnica (Brasil, 2020a).

Numa ação conjunta entre a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o Mapa, o Ministério da Economia (ME) e o MCTIC, em 2020 foi lançado o Programa Agro 4.0 (ABDI, 2020). Nesse Programa, foram investidos recursos (R$ 4,8 milhões) em 14 projetos-piloto de adoção e de disseminação de tecnologias digitais no agronegócio. O edital do Programa Agro 4.0 abrange quatro categorias, e os projetos desenvolvidos estão alinhados com os segmentos do agronegócio: i) insumos (fertilizantes, defensivos, rações, máquinas e equipamentos); ii) primário (agropecuária); iii) secundário (agroindústria de alimentos); e iv) integração (abrange a integração de serviços aos demais segmentos, como serviços de tecnologia da informação e comunicação e logística) (ABDI, 2020; Brasil, 2020b).

Esse programa tem por objetivo desenvolver soluções práticas e ampliar a eficiência e produtividade e, por conseguinte, reduzir os custos de produção do agronegócio brasileiro. Essa iniciativa visa incentivar a constituição de um ambiente de inovação e é destinada a produtores rurais e agroindústrias que adotarão tecnologias 4.0 em suas propriedades rurais ou complexos industriais (ABDI, 2020; Brasil, 2020b).

Discussão

Conforme apresentado acima, a agropecuária vem passando por transformações – econômicas, culturais, sociais, tecnológicas, ambientais e mercadológicas – que impactam profundamente o mundo rural (Embrapa, 2018). Nessa temática, é importante destacar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) criados e coordenados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Tais objetivos visam juntar esforços internacionais na busca de um maior equilíbrio entre população e ambiente. Entre outras necessidades, os investimentos em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas, bem como o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias, notadamente as de informação e comunicação, serão fundamentais para o alcance das metas de produção de alimentos e bioenergia de modo sustentável (Brasil, 2016b).

Para o alcance dessas metas, a agricultura digital se apresenta como alternativa para o aumento de produtividade nas propriedades rurais, a redução de custos, e, por conseguinte, a produção de alimentos e bioenergia de forma sustentável.

As tecnologias do Agro 4.0 englobam agricultura e pecuária de precisão, automação, robótica, sensores, computação em nuvem, bem como sistemas de big data e IoT. Essas tecnologias incorporam soluções para o processamento de grande volume de dados e são fundamentais no suporte à tomada de decisão no campo e, por conseguinte, essenciais para alcançar maiores níveis de produtividade, otimizar o uso de insumos, reduzir custos de produção e melhorar a qualidade dos produtos e a segurança do trabalho, além de minimizar os impactos ambientais (Massruhá & Leite, 2017).

A adoção de tecnologias digitais não se reduz a obter maiores lucros – é uma questão de sobrevivência. Essas tecnologias permitem que os produtores sejam mais eficientes no uso de insumos e, principalmente, de recursos naturais, como a água. Dessa forma, gastos desnecessários são evitados com o uso adequado dos recursos e, portanto, o impacto ambiental é minimizado (Crestana, 2020).

Esse processo de modernização da produção agropecuária e agroindustrial está relacionado com a expansão do meio técnico-científico-informacional (Santos, 1996). O atual estágio da agricultura digital no Brasil se deve, em parte, à organização da economia agropecuária, que começou na década de 1990. Denominada

de agricultura científica globalizada por Milton Santos (2010), essa mudança de paradigma ocorreu via mudanças da legislação, globalização da economia e maior disseminação de componentes técnicos, científicos e informacionais pelo território brasileiro (Santos, 2018).

Desde a década de 1990, a agricultura no Brasil tem sofrido grandes transformações com a chegada de novas tecnologias da informação, a menor regulação do Estado e o maior controle de multinacionais do agronegócio. Esse modelo de agricultura científica e globalizada tem, por um lado, alavancado a eficiência produtiva, mas criou, por outro, um cenário vulnerável aos produtores rurais que passaram a depender de uma lógica externa, a qual não conseguem prever nem mesmo controlar (Frederico, 2013).

Cerca de 30 anos depois dessa mudança de paradigma, observam-se avanços na adoção de tecnologias digitais no Brasil e, portanto, na busca de maior conhecimento e acesso à informação. Na agropecuária, 84% dos produtores já iniciaram o processo de adoção de tecnologias digitais como instrumento de suporte (Agricultura..., 2020). Desse modo, se os avanços na produção agropecuária brasileira já são perceptíveis, o desenvolvimento e a adoção de tecnologias digitais podem alavancar ainda mais a produtividade e a participação do País no cenário internacional de alimentos e bioenergia.

Sobre o tema tecnologias digitais e inovação na agropecuária, é importante destacar a atuação da CNA, que publicou em 2018 um documento propondo um Plano de Estado para o agronegócio brasileiro (CNA, 2018). Destacam-se no documento as propostas de: a) investimentos em infraestrutura de conectividade em todo o território nacional, especialmente no meio rural; b) experimentar novas opções de insumos para a agricultura e pecuária, como o uso de moléculas de defensivos, incentivar o uso de nanotecnologia, bioeconomia e agricultura digital e viabilizar equipamentos para pequenos produtores; e c) usar do marco legal da CT&I para avanços tecnológicos no agronegócio brasileiro (CNA, 2018). A atuação da CNA é importante na defesa dos interesses dos produtores rurais brasileiros, mas não deve se limitar aos grandes, pois ela deve olhar também para os agricultores familiares e os pequenos e médios produtores rurais.

No entanto, além da política pública desenvolvida pelo governo federal, para se colocar em prática essas propostas é fundamental a atuação de empresas privadas. De acordo com o 2º Censo AgTech Startups Brasil (Mondin & Tomé, 2018), o setor de agronegócio conta com trabalho de cerca de 300 empresas que desenvolvem soluções tecnológicas. As AgTechs do agronegócio estão concentradas em quatro principais áreas de atuação: i) Suporte à Decisão; ii) IoT & Hardware; iii) Software de Gestão Agrícola; e iv) Agricultura de Precisão (Mondin & Tomé, 2018; Ejnisman et al., 2019).

Considerando que tecnologia, inovação e produtividade estão intimamente conectadas na produção agropecuária para aumentar ainda mais a produtividade no meio rural, a contribuição das AgTechs é fundamental para a implantação da agricultura digital. Por exemplo, o Plano de Ação proposto pelo BNDES visa criar uma rede de IoT no Brasil que só será viável com a participação dessas startups. Para viabilizar esse Plano de Ação, existe uma expectativa de que diversas organizações assumam a empreitada, de empresas âncoras a startups (BNDES, 2017).

Startups de base tecnológica orientadas ao agronegócio são um dos pilares do ecossistema de inovação no campo. No mundo rural, essas empresas, juntamente com multinacionais produtoras de insumos, máquinas e equipamentos agrícolas, grandes produtores rurais, cooperativas agropecuárias, universidades, centros de pesquisa e investidores, por exemplo, podem interagir com companhias que desenvolvem hardware para a criação de soluções viáveis de IoT que melhorem a produtividade no campo (Vasconcelos, 2020).

De acordo com a Embrapa Informática Agropecuária, esse potencial tem chamado a atenção de grandes organizações para o incentivo das AgTechs no Brasil. Na temática

da agricultura digital, a Embrapa Informática Agropecuária, por exemplo, estabeleceu uma parceria com a Venture Hub e, com apoio da Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec), lançou em 2019 o TechStart AgroDigital, programa de aceleração de startups, cujo objetivo é acelerar negócios e tecnologias para o agronegócio de AgTechs. (Moura, 2019).

Considerando que a maior parte dos pequenos produtores tem dificuldades de aderir a novos conhecimentos tecnológicos, adequados às suas realidades, o aumento da complexidade no gerenciamento da agropecuária parece fazer com que a população rural perca o interesse em continuar desenvolvendo atividades (Navarro & Campos, 2013). Além disso, a concentração da população nos centros urbanos e o envelhecimento da população rural são preocupantes (Massruhá et al., 2020). Esse contexto de transformações tecnológicas é dinâmico e complexo e, como consequência, existe uma tendência de aumento da complexidade da gestão da propriedade rural, o que pode ter forte influência no fluxo migratório rural-urbano.

No entanto, um ponto positivo da relação campo-cidade é que as questões que envolvem ciência, tecnologia, informação e capital são inerentes às atividades realizadas no ambiente rural, o que tem configurado fortes relações entre o rural e o urbano para o suprimento de necessidades produtivas, comerciais e logísticas por meio de serviços e infraestruturas especializadas (Santos, 2018). Essa dinâmica tem provocado mudanças no perfil dos produtores rurais e dos trabalhadores ocupados na agropecuária.

Se por um lado a agricultura digital aumenta a produtividade e reduz os custos de produção, por outro, um grande problema a ser resolvido com a evolução tecnológica é a expulsão do trabalhador rural (Crestana, 2020). O desenvolvimento e adoção de novas práticas tecnológicas no campo e o uso de tecnologias digitais, baseadas em máquinas e equipamentos modernos, tendem a diminuir o uso de mão de obra na atividade rural e exigem profissionais capacitados (Bassoi et al., 2019). Essa questão sobre o impacto da adoção de tecnologias do Agro 4.0 tem gerado discussões sobre o *trade-off* entre produtividade e emprego.

A adoção de tecnologias digitais poupadoras de mão de obra, além de contribuir para aumentar a produtividade do trabalho e da terra, reforça a necessidade de trabalhadores com maior qualificação e especialização, o que introduz um grande desafio aos produtores rurais, notadamente os pequenos, por causa da baixa capacidade financeira para investimentos em tais tecnologias. Esse cenário reforça, portanto, a necessidade de políticas públicas e pesquisas direcionadas especialmente aos pequenos e médios produtores, bem como para aquelas atividades agropecuárias que requerem o intenso uso de mão de obra, como a produção de hortifrutícolas, palma de óleo e mandioca (Embrapa, 2018).

É importante alertar que o patamar de investimentos na agropecuária no Brasil é inferior aos de outros países grandes produtores. Mesmo num cenário de poucos investimentos, os agropecuaristas brasileiros estão adotando tecnologias inovadoras com base na análise da relação benefício/custo (Massruhá, 2019). Muitas vezes, os pequenos produtores, que não possuem acesso às tecnologias avançadas, recorrem ao uso de planilhas eletrônicas como ferramenta de controle da produção e de custos para aprimorar a gestão de suas propriedades (Affonso et al., 2015). Assim, a política pública voltada para a agricultura digital deve propor soluções para os problemas relacionados com a baixa capacidade tecnológica de pequenos e médios produtores.

Desenvolver e adaptar tecnologias digitais para pequenas e médias propriedades rurais é um importante objetivo a ser alcançado (Embrapa, 2018). Com esse cenário de transformação tecnológica, espera-se que no Agro 4.0 sejam incluídos, além dos grandes produtores, os agricultores familiares e os pequenos e os médios, para que todos possam ter acesso aos benefícios de uma agricultura digital (Massruhá & Leite, 2017).

A adoção de tecnologia digitais poderá nos próximos anos segregar os produtores rurais em dois grupos: os bem-sucedidos e aqueles que não alcançam sucesso na atividade rural. Segundo Crestana (2020, p.28), "é uma questão de sobrevivência", já que o produtor rural que ficar de fora dessa onda terá dificuldades de sobreviver, além de ser penalizado pelo mercado por não adotar práticas de produção modernas e sustentáveis.

Nesse sentido, para que a desigualdade no meio rural não avance, o governo deve agir e colocar em prática a política pública instituída ao longo dos últimos anos, principalmente dando maior atenção aos produtores rurais com baixa capacidade de investimentos em tecnologias digitais. Mas os pequenos e médios e os agricultores familiares precisam tomar iniciativas e se organizar em associações, sindicatos e cooperativas para conseguir conquistar espaço diante da transformação tecnológica que ocorre no campo.

Embora o avanço do CT-Agronegócio tenha definido, de um lado, a garantia da vinculação de recursos públicos ao fomento de políticas de inovação em ciência e tecnologia para o setor agropecuário e, de outro, o incentivo à pesquisa aplicada, além de ser complementar aos gastos realizados no conjunto da agricultura (Vieira Filho, 2012), os governantes devem ficar atentos ao movimento de concentração da produção e de renda nas mãos de poucos e grandes produtores e multinacionais. A política pública voltada para a adoção de tecnologias do Agro 4.0 precisa garantir que todos os produtores – familiares, pequenos, médios e grandes – sejam inseridos no processo de transformação digital que ocorre no meio rural.

Se por um lado o Agro 4.0 deve aumentar a produtividade no campo, por outro, ele também ampliará as desigualdades no meio rural (Crestana, 2020). O modelo de agricultura científica globalizada, financiada em grande parte pelo poder público federal e destinada ao comércio internacional, tem forte influência nos lugares, regiões e territórios cuja produção e comercialização são voltada para commodities agrícolas (Santos, 2018).

Esse modelo de agricultura de base tecnológica é espacialmente distribuída de forma seletiva no território brasileiro, já que o meio técnico-científico-informacional está presente em regiões altamente influenciadas pela informação (mercado e ciência) e pelas finanças, notadamente no Sudeste e Sul, e em manchas e pontos no restante do País (Santos & Silveira, 2001). Nesse sentido, a supracitada política pública precisa alcançar todas as regiões do Brasil, com vistas a harmonizar o desenvolvimento regional.

Entre outras preocupações a serem consideradas, a adoção de tecnologias digitais leva à necessidade de proteção de dados. A LGPD provavelmente trará implicações à adoção de tecnologias digitais no agronegócio. Além de dados para cadastro de usuários, essas tecnologias podem requerer dados pessoais mais sensíveis, como os relacionados com a saúde dos trabalhadores. Desse modo, o produtor rural que usa tecnologias digitais deve estar atento aos riscos inerentes ao emprego de dados pessoais em desconformidade com a LGPD (Ejnisman et al., 2019).

Para melhor aproveitar os benefícios das tecnologias digitais e garantir a confidencialidade das informações dos agentes envolvidos, os contratos de fornecimento de tecnologia agrícola são fundamentais na proteção dos dados de produtores e trabalhadores rurais. Questões que envolvem os tipos de dados utilizados por essas soluções tecnológicas, os limites de uso e acesso aos dados, as medidas de segurança e as obrigações e responsabilidades das partes devem estar detalhadas nas cláusulas contratuais para evitar atitudes oportunistas de quebra de sigilo dos conhecimentos técnico-negociais dos produtores rurais (Ejnisman et al., 2019).

Em síntese, no Agro 4.0 os dados coletados, transmitidos e processados em tempo real pelas tecnologias digitais tendem a aumentar a produtividade, reduzir os custos e melhorar a sustentabilidade no meio rural. No entanto, pro-

blemas de conectividade e de acesso às tecnologias digitais são barreiras a serem transpostas. A falta de conectividade no meio rural pode ser considerada um gargalo para a disseminação de tecnologias digitais no Brasil.

De acordo com estudo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), apenas 5% da área agricultável no Brasil, notadamente as grandes propriedades rurais, tem conectividade com a rede mundial de computadores. Isso mostra a carência de infraestrutura de conexão, que deve ser solucionada pelo governo, empresas de telecomunicações e produtores rurais nos próximos anos. (Crestana, 2020).

Assim, tudo isso sugere que a agricultura digital é um caminho sem volta, mas que chama a atenção para problemas relevantes a serem considerados pelos governantes: i) a migração rural-urbano; ii) o impacto no mercado de trabalho do agronegócio; iii) a capacidade de adoção de tecnologias digitais por pequenos e médios produtores; iv) a concentração da produção e renda nas mãos de poucos e grandes produtores/multinacionais; v) o aumento de desigualdades regionais; e vi) a proteção de dados.

Considerações finais

O objetivo deste estudo foi descrever a política pública federal de apoio à transformação digital na agropecuária brasileira. Os resultados apontam que o fenômeno do Agro 4.0 tem motivado o governo federal a desenvolver e implementar programas e ações voltados à agricultura digital.

A instituição do CT-Agronegócio, do marco legal da Ciência, Tecnologia e Inovação, da Lei Geral de Proteção de Dados, do Plano Nacional de Internet das Coisas e da Comissão de Agricultura de Precisão e Digital, juntamente com a atuação da Embrapa Informática Agropecuária e as ações desenvolvidas pelo BNDES Piloto IoT, pela Câmera do Agro 4.0, pelo Programa Ater Digital e pelo Programa Agro 4.0, visa promover o desenvolvimento de tecnologias digitais e melhorar a fluidez de sua adoção pelos atores da agropecuária brasileira.

A agricultura digital é composta por um conjunto de ferramentas tecnológicas para uma melhor gestão da produção agropecuária, com vistas a aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e ampliar o acesso à informação, bem como contribuir com a redução de desperdícios, e, assim, produzir alimentos e bioenergia de forma mais sustentável. Nesse contexto, pode-se afirmar que o Agro 4.0 é um caminho sem volta e que a transformação digital no campo desperta a atenção para questões importantes que afetam significativamente o mundo rural.

Embora existam inúmeros benefícios, a transformação tecnológica que ocorre no campo necessita de maior atenção do poder público, notadamente no sentido de incluir os produtores – familiares, pequenos, médios e grandes – e trabalhadores rurais, bem como seus familiares nesse processo.

A política pública federal de apoio à transformação digital na agropecuária brasileira precisa ser convertida em resultados práticos. São necessários investimentos específicos em infraestrutura de conectividade, bem como estímulos para a melhoria de acesso e capacitação profissional de produtores e trabalhadores rurais quanto ao uso de tecnologias digitais, para minimizar os impactos no mundo rural e no mercado de trabalho no campo. Além disso, os governantes devem fomentar o desenvolvimento de soluções tecnológicas digitais para os problemas de produção e gestão na atividade rural adaptadas aos diversos perfis de produtores, promover a adoção de tecnologias digitais em todas as regiões do País e criar um ambiente institucional seguro para o uso de dados por meio das tecnologias do Agro 4.0.

Este estudo, que traçou um panorama geral da política pública voltada à agricultura digital e das ações governamentais diante do fenômeno do Agro 4.0, traz, portanto, contribuições úteis

ao governo federal e às empresas privadas. O alinhamento da política pública, das ações governamentais e da iniciativa privada com as necessidades dos produtores rurais é fundamental para a disseminação dessas tecnologias e o êxito dessa nova agricultura.

Referências

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Programa levará tecnologias 4.0 para o agronegócio**. 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/programa-levara-tecnologias-4-0-para-o-agronegocio>. Acesso em: 17 out. 2020.

AFFONSO, E.P.; HASHIMOTO, C.T.; SANT'ANA, R.C.G. Uso de tecnologia da informação na agricultura familiar: planilha para gestão de insumos. **Biblios**, n.60, p.45-54, 2015. DOI: https://doi.org/10.5195/biblios.2015.221.

AGRICULTURA digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades: resultados de pesquisa online. Campinas: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Agricultura+Digital+no+Brasil+-+Pesquisa+online+Embrapa+Sebrae+-+INPE+2020.pdf/3e1198e9-7c03-3b7e-b87c-d2d1977f34a9>. Acesso em: 17 out. 2020.

BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C. de C.; VAZ, C.M.P.; SPERANZA, E.A.; CRUVINEL, P.E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.20, p.17-36, 2019. DOI: https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p17-36.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Produto 8**: Relatório do Plano de Ação: iniciativas e projetos mobilizadores. versão 1.1. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m0jDUok>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.052, de 9 de outubro de 2019**. Institui a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital. 2019a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10052.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019**. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. 2019b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001**. Institui mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agronegócio, para o Programa de Fomento à Pesquisa em Saúde, para o Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Setor Aeronáutico e para o Programa de Inovação para Competitividade, e dá outras providências. 2001. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10332.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011, a Lei nº 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. 2016a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). 2018. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

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. 1972. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l5851.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Governo institui Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital**. 2019c. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/governo-institui-comissao-brasileira-de-agricultura-de-precisao-e-digital>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mapa lança programa Ater Digital**. 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-lanca-programa-ater-digital>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa levará tecnologias 4.0 para o agronegócio**. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/programa-levara-

tecnologias-4-0-para-o-agronegocio>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Diretrizes Estratégicas do Fundo Setorial de Agronegócio**: CT-Agronegócio. [Brasília]: Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Agronegócio; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2002. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-agro/diretrizes-estrategicas-para-o-fundo-setorial-de-agronegocio.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2016b. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/20160119ODS.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2022.

CAMARGO, A.M. de. Editorial. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.20, p.5-7, 2019. DOI: https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p5-7.

CIPRIANO, R. **MAPA e MCTIC criam Câmara do Agro 4.0 para levar mais conectividade ao campo**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45785396/mapa-e-mctic-criam-camara-do-agro-40-para-levar-mais-conectividade-ao-campo>. Acesso em: 17 out. 2020.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **O futuro é agro**: 2018-2030. Plano de Estado. 2018. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/plano_de_estado_completo_21x28cm_web.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.

CRESTANA, S. Questão de sobrevivência. Entrevista concedida a Domingos Zaparolli. **Revista Pesquisa FAPESP**, ano21, p. 28-29, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2020/01/Pesquisa-287_Completo-2.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

EJNISMAN, M.W.; BATTILANA, C. do C.H.; ANDRADE, T.B. de. O aumento do uso de tecnologia no agronegócio: uma análise sob a ótica da proteção de dados. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.20, p.113-124, 2019. DOI: https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p113-124.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Informática Agropecuária**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/informatica-agropecuaria>. Acesso em: 17 out. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, 2018. 212p. 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: 17 out. 2020.

FREDERICO, S. Agricultura científica globalizada e fronteira agrícola moderna no Brasil. **Revista Confins**, n.17, p.1, 2013. DOI: https://doi.org/10.4000/confins.8153.

MASSRUHÁ, S.M.F.S. **Agricultura Digital (Agro 4.0)**: da biotecnologia ao Big Data, à agricultura sustentável e inteligente. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/agricultura-sustentavel-e-irrigacao/2019/34a-ro/smfsm_iot_18mar2019_cs.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.

MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A. AGRO 4.0 – rumo à agricultura digital. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W.T.L. da; VALLE, J.M.F. do; PURINI, S.R. de M.; MAGNONI, M. da G.M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E.F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade**: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2.ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p.28-35. Disponível em: <http://www3.ibb.unesp.br/wp-content/uploads/2017/11/SNCT-2016-E-book-JC-na-Escola-Mobilizar-o-Conhecomento-para-Alimentar-o-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-final.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A.; OLIVEIRA, S.R. de M.; MEIRA, C.A.A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, É.L. (Ed.). **Agricultura digital**: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126213/agricultura-digital-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-nas-cadeias-produtivas>. Acesso em: 8 out. 2020.

MONDIN, M.; TOMÉ, J. (Coord.). **2º Censo AgTech Startups Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.agtechgarage.com/censo>. Acesso em: 8 out. 2020.

MOURA, M.F. Entrevista com Maria Fernanda Moura. Entrevista concedida a Alessandro Mancio de Camargo. **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.19, p.9-15, 2019. DOI: https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p9-15.

NAVARRO, Z.; CAMPOS, S.K. (Org.). **A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro**: ganhar tempo é possível? Brasília: CGEE, 2013. 264p.

SANTOS, H.F. dos. A dinâmica do agronegócio e a consolidação de uma agricultura científica globalizada no município de Uberaba (MG). **Caminhos de Geografia**, v.18, p.200-218, 2018.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Edusp, 1996.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 19. ed. Rio de Janeiro: Record, 2010.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M.L. **O Brasil**: território e sociedade no início do século XXI. São Paulo: Record, 2001.

VASCONCELOS, Y. A força das *Agtechs*. **Revista Pesquisa FAPESP**, ano21, p.21-23, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2020/01/Pesquisa-287_Completo-2.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

VIEIRA, G.A. Resenha dos livros: Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura, de Sílvia Massruhá et al. (eds.) e Agricultura de precisão, de Alberto Bernardi et al. (eds.). **TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n.20, p.126-131, 2019. DOI: https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p126-131.

VIEIRA FILHO, J.E.R. **Políticas públicas de inovação no setor agropecuário**: uma avaliação dos fundos setoriais. Rio de Janeiro: Ipea, 2012. (Ipea. Texto para Discussão, 1722). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1210/1/TD_1722.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

Expansão da cana-de-açúcar
Uma investigação via cópulas[1]

Maurício Silva Lacerda[2]
Julio Cesar Araujo Silva Junior[3]
Paulo César Emiliano[4]

Resumo – A compreensão das relações entre os mercados de alimentos e de energia ainda é alvo de investigação, e estudos sobre a dependência entre esses mercados são fundamentais para formuladores de políticas públicas, investidores e produtores. O aumento de investimentos nos últimos anos no setor sucroalcooleiro brasileiro pode ter ocasionado movimentos conjuntos entre os preços regionais da cana-de-açúcar e de outras culturas substitutas no uso da terra. O objetivo deste estudo foi analisar a associação entre os movimentos dos retornos dos preços regionais da cana-de-açúcar e das culturas concorrentes no uso da terra em São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Foram utilizados modelos de cópulas bi e trivariadas, avaliando-se os movimentos dos preços mensais da cana-de-açúcar, do boi e da soja de 2004 a 2019. Os resultados mostram que a maior medida de dependência (0,13) ocorreu para o par cana x boi em Goiás. Os demais modelos exibiram medidas de dependência menores e outras não significativas. Isso sugere que o efeito de expansão do plantio de cana do Sudeste para o Centro-Oeste não interferiu, de modo geral, significativamente nos preços dos produtos teoricamente concorrentes no uso de terra.

Palavras-chave: demanda por terras, neutralidade, setor sucroalcooleiro brasileiro.

Sugarcane expansion: an investigation via copulas

Abstract – The relationships between food and energy markets still remain as topics that are not exhausted in the Brazilian literature. Research on the dependency between these markets is essential for public policy makers, investors, and producers. In recent years, the increase of investments in the Brazilian sugar and alcohol sector may have caused joint movements between the regional prices of sugarcane and other substitute crops in land use. The main goal of this study was to analyze the association between the movements of the regional return prices of sugarcane and competing crops in land use, in the states of São Paulo, Mato Grosso do Sul, and Goiás. Bivariate and trivariate copulas were used to evaluate the movements in the monthly prices of sugarcane, cattle, and soybean from 2004 to 2019. The results show that the highest dependence measure (0.13) was found for the pair sugarcane x cattle, in Goiás state. The other models showed some smaller measures of dependence and others that were not significant. This suggests that, in general, the effect of expanding sugarcane

[1] Original recebido em 18/8/2021 e aprovado em 14/12/2021.

[2] Doutorando em Estatística Aplicada e Biometria. E-mail: mauriciolacerda57@gmail.com

[3] Professor do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (Ibmec). E-mail: julio.econometria@gmail.com

[4] Professor do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Viçosa (DET-UFV). E-mail: paulo.emiliano@ufv.br

plantation from the Southeast to the Midwest regions, in Brazil, did not interfere significantly with the prices of products theoretically competing in land use.

Keywords: demand for land, neutrality, Brazilian sugarcane sector.

Introdução

A produção da cana-de-açúcar no Brasil passou por um processo de expansão e mudanças – legislação, incentivos, demandas, tecnologias –, com destaque para o Estado de São Paulo, o maior produtor nacional (Sant'Anna et al., 2016). Segundo Cherubin et al. (2015), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável por um terço da safra global. Atrás da soja e do milho, a cana-de-açúcar é a terceira cultura do Brasil em termos de uso da terra (Marin, 2016). No início do século 21, houve expansão da produção dessa commodity para o Centro-Oeste, em especial para Goiás e Mato Grosso do Sul (Granco et al., 2015; Caldas et al., 2018; Vedana et al., 2019).

Outros fatores incentivaram a produção da cana-de-açúcar no Brasil: os elevados preços do petróleo por volta da década de 2000; as crescentes críticas aos combustíveis fósseis; o surgimento dos carros flex em 2003; as mudanças nas políticas públicas (pesquisas das instituições governamentais, assistência ao produtor, regulamentação ambiental, linhas de crédito e redução de impostos); as novas tecnologias para produção de etanol; e a concessão de crédito, além de outros fatores que contribuíram para o aumento da demanda e da produção de biocombustíveis nacional e globalmente (Dhillon & von Wuehlisch, 2013; Nuñez et al., 2013; Goldemberg et al., 2014; Strassburg et al., 2014; Sant'Anna et al., 2016).

O crescimento da produção da cana-de-açúcar no Brasil se deve principalmente à expansão territorial do plantio. No entanto, isso gera demanda por terras e mão de obra, o que pode influenciar a produção de outras culturas na região (Lourenzani & Caldas, 2014). A área plantada na safra 2018/2019 ultrapassou 4,3 milhões, 950 mil e 660 mil hectares em São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul, respectivamente, o que possibilitou a produção de mais de 340,8 milhões, 75,8 milhões e 48,6 milhões de toneladas de cana nesses estados, os maiores produtores de etanol do Brasil (Acompanhamento..., 2019).

Um importante motivador da produção são os incentivos do governo, desde empréstimos e redução de impostos até o controle da porcentagem de etanol na gasolina. Segundo Figueira (2020), a concessão de crédito está diretamente ligada à expansão territorial do plantio de cana na região aqui analisada.

O controle do preço dos combustíveis pelo governo foi outro fator que impactou o setor sucroalcooleiro. Popova et al. (2017) analisaram como seria o comportamento dos preços dos combustíveis no País caso eles não fossem controlados em 2011–2015 e concluíram que os preços livres da gasolina teriam efeitos positivos no setor de etanol em São Paulo, tornando a produção mais rentável para os produtores.

Quando o preço internacional do petróleo estava em alta e a gasolina era subsidiada, o preço do etanol precisava também ser mantido baixo, para ser competitivo com a gasolina nas proporções de mercado. Enquanto isso, os custos de produção do etanol subiam 11,5% ao ano (Valdes et al., 2016), com queda da rentabilidade do setor, já que a produção da cana-de-açúcar usa diversos derivados do petróleo, desde o plantio até a moagem e o transporte (Sant'Anna et al., 2016). Ferracioli et al. (2016) concluem que boa parte dos produtores evitam o crédito, por causa da insegurança do setor, impactado quando há controle dos preços dos combustíveis.

A tecnologia é outro fator que incentivou a produção de etanol no Brasil, e ela não se limita apenas aos carros flex, o grande impulsionador da cana no início do século 21. São exemplos da evolução tecnológica que a produção atin-

giu: a chegada de novos utensílios e defensivos agrícolas, as novas espécies de cana-de-açúcar que melhor se adaptaram ao Cerrado, as novas máquinas de plantio e manutenção, além do maquinário empregado na colheita, que hoje gera empregos melhores, com salários mais altos e especializados segundo Defante et al. (2020). Os impactos causados pela redução de empregos na produção da cana-de-açúcar com o advento da tecnologia são discutidos em Gandolfi et al. (2019).

O mercado também desenvolveu novas formas de receita, como a produção de fertilizantes a partir dos resíduos da produção do etanol, a possibilidade de vender créditos de carbono e a produção de energia a partir da queima do bagaço (Neves et al., 2010). Segundo Trombeta & Caixeta Filho (2017), os subprodutos da produção de etanol, antes descartados, hoje se tornaram potenciais matérias-primas à cogeração de energia elétrica e à produção de etanol de segunda geração. Com isso, a energia elétrica gerada da queima das biomassas de cana-de-açúcar tornou-se importante na geração de receitas para as usinas. Araujo & Oliveira (2021) estudaram as possibilidades de uso da vinhaça, um dos piores resíduos da extração do etanol a partir do caldo da cana, mas que pode gerar biogás, eletricidade e crédito de carbono com suporte de biodigestores. Lemos et al. (2019) apontam o potencial e as alternativas acerca da geração de energia a partir do palhiço da cana-de-açúcar, com resultados que dão suporte à proposição de políticas públicas que incentivem esse tipo de processo.

A preocupação com o meio ambiente é outro fator que gera impactos na produção do etanol, de forma direta e indireta. O etanol é menos poluente que a gasolina, o que incentiva muitos consumidores a optar por ele, principalmente quando ambos estão na mesma condição de rendimento. Sant'Anna et al. (2016) citam a regra pela qual o etanol é mais vantajoso quando custar até 70% do preço da gasolina.

A junção da tecnologia com a preocupação com o meio ambiente gera desafios, mas produz também bons resultados na produção da cana-de-açúcar. Em um estudo que analisou a qualidade do ar depois da implantação da colheita mecanizada, Saiani & Perosa (2016) encontraram resultados que sugerem uma relação negativa e significativa entre a mecanização e as internações por problemas respiratórios, evidenciando assim o impacto positivo da mecanização da colheita sobre a saúde respiratória da população, além da geração de empregos qualificados e mais bem remunerados.

No entanto, a crescente produção de etanol envolve outros fatores preocupantes, como as questões ligadas à segurança alimentar e ao desmatamento. Com os incentivos à produção de etanol, a cana-de-açúcar vem ocupando o lugar da soja e de outros cultivos no uso da terra, o que causa competição por espaço para plantio. Segundo Hausman (2012), onde a produção de biocombustíveis compete com a cultura alimentar, pode haver aumento dos preços dos alimentos. Segundo Valdes et al. (2016), essa substituição de culturas impacta a oferta dos produtos e causa aumento dos preços.

Os incentivos que tornam a cana-de-açúcar mais interessante do que a soja e o boi em São Paulo e principalmente em Goiás e Mato Grosso do Sul precisam ser avaliados com cuidado. Eles podem gerar impactos nas ofertas de soja e carne bovina, que, ao perderem espaço nesses estados, deslocam-se para o Norte do País e causam desmatamento (Walker et al., 2009; McManus et al., 2016; Sant'Anna et al., 2016). Para Souza et al. (2007) e Forest et al. (2014), devemos nos preocupar com os efeitos da expansão da cana-de-açúcar nas novas regiões, mas, concluem os autores, até o momento não há motivo para alarme.

O Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE Cana), criado em 2009 (Brasil, 2009) e extinto em 2019 (Brasil, 2019), foi responsável por incentivar e direcionar a expansão da cana-de-açúcar no Brasil (Barros, 2014). Esse mapeamento indicou os estados e regiões mais adequados para a produção da cana-de-açúcar, levando-se em consideração o clima, o relevo

e aspectos sociais e econômicos, entre outros (Manzatto et al., 2009). O ZAE Cana apontou que São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul possuem, respectivamente, 10,6; 12,5 e 10,8 milhões de hectares de áreas aptas para o plantio da cana e colocou esses estados entre aqueles com mais terras propícias para tal cultivo, o que poderia justificar, em parte, a expansão da produção nesses lugares. A produção de etanol, ao se expandir para São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul, pode estar tomando o lugar da soja e do boi gordo, que são as commodities de maior produção nesses estados (Martinelle & Filoso, 2008; Sano et al., 2010; Ferreira et al., 2013, 2016; Granco et al., 2015).

O objetivo deste artigo foi analisar o comportamento dos movimentos conjuntos dos preços da cana-de-açúcar, da soja e do boi gordo nessas regiões, onde pode haver competição pelo uso das terras com a produção intensificada de uma nova commodity. O estudo regional permite identificar se a expansão da produção de cana desloca as outras produções tradicionais da região, medidas por variações nos preços. Para isso, faz-se o uso de cópulas bi e trivariadas, com distribuições marginais calculadas por modelos Arma-Garch, e de dados mensais dos preços dos produtos de 2004 até 2019. Estudos regionais que medem estruturas de dependência via cópulas ainda não foram identificados na literatura para a região e os produtos aqui abordados, e é essa lacuna que se pretende preencher com este trabalho.

Ao identificar se há neutralidade ou dependência entre os mercados de produção de energia e alimento, espera-se contribuir com informações úteis à elaboração de políticas públicas para esses setores. Além disso, o estudo pode servir de base para orientar o produtor acerca dos movimentos conjuntos dos preços das variáveis investigadas.

Com relação às políticas públicas e à produção agrícola no Brasil, Belik (2015) defende que é necessária uma política de aumento de renda rural de forma sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais, com enfoque na desigualdade. Para esse autor, o reconhecimento do caráter heterogêneo do campo no Brasil e a adaptação de programas para as diferentes realidades são o caminho mais seguro para a promoção do desenvolvimento rural (Belik, 2015).

Energia e alimento

Estudos que investigam fontes de energia e as comparam com a produção agrícola de biocombustíveis e alimento são recentes e estão em destaque na literatura. São exemplos: Kaltalioglu & Soytas (2009), Chen et al. (2010), Mueller et al. (2011), Mutuc et al. (2011), Nazlioglu & Soytas (2011), Goldemberg et al. (2014), Lourenzani & Caldas (2014) e Gilio & Moraes (2016). Essas investigações estão relacionadas a fatores como a obtenção de combustíveis menos poluentes e de menores custos relativos de produção e operação do que os de origem fóssil, o que poderia garantir a produção de energia e manter a segurança alimentar.

A expansão da cana-de-açúcar para os três estados citados é um desafio, principalmente no Centro-Oeste (Granco et al., 2018b). Além de serem estados tradicionais produtores de alimentos – soja e boi, por exemplo[5] –, a construção de uma usina demanda muito tempo e investimento. Segundo Manoel et al. (2018), uma usina com capacidade de esmagamento de três milhões de toneladas de cana por ano exige investimento inicial de cerca de US$ 400 milhões, mas a geração de caixa começa apenas dois anos depois do investimento. Mesmo assim, segundo Granco et al. (2018b), surgiram 80 usinas do setor sucroalcooleiro no Brasil em 2006–2012, a maioria delas naqueles três estados.

Conforme Acompanhamento... (2019), na safra 2019/2020 São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul responderam, juntos, por 70% da produção de etanol do País. Além dos altos investimentos, a produção de cana-de-açúcar exige rápido processamento, fazendo com que a usina

[5] Ver Rada (2013).

dependa de matéria-prima por perto. Neves et al. (1998) e Capaz et al. (2013) recomendam que as usinas se situem de 45 km a 50 km da produção.

Outra preocupação do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil está ligada aos ganhos de produtividade. Bernardo et al. (2019) mostram que em 1990–2014 os ganhos de produtividade da cana foram inferiores aos do boi, milho e soja no mesmo período. Figueira (2020) não constatou impacto do crédito rural sobre ganhos de produtividade da cana-de-açúcar – encontrou relação só com a ampliação territorial da produção.

É evidente a mudança na produção desses três estados depois da chegada das usinas. Segundo Adami et al. (2012), da área total de cana incorporada em São Paulo desde 2005 e no restante do Centro-Sul desde 2007, 69,7% foram de pastagem e 25,0%, de safra anual. Com imagens de satélites, Nassar et al. (2008) observaram que em 2006/2007 e 2008/2009 a expansão da cana-de-açúcar ocorreu deste modo: 51% em pastagens, 48% em culturas anuais ou perenes e 1% em floresta cultivada ou natural.

Pesquisas que tratam os dados para os mercados brasileiros, em específico para a região produtora de cana para fins energéticos, estão interessadas geralmente em analisar os motivos que levaram a produção para certa região e os impactos causados na produção alimentar local, como em Adami et al. (2012), Hausman (2012), Caldas et al. (2018) e Granco et al. (2018a). A estrutura de dependência entre esses mercados foi analisada por Resende & Cândido (2015) – na verdade, a dependência entre o setor sucroalcooleiro e os preços do petróleo, o câmbio e o mercado acionário, não se atentando ao mercado de alimento.

Fundamentação teórica, metodologia e dados

Para calcular a dependência entre duas ou mais variáveis aleatórias, é necessário conhecer sua distribuição conjunta, trabalho que se tornou mais fácil com o uso de modelos de cópulas. Seu emprego é vantajoso porque trata-se de uma metodologia eficiente para a obtenção de distribuições conjuntas e, consequentemente, para a extração de medidas de dependência.

As cópulas podem ser estimadas por um processo que envolve duas etapas: primeiro, faz-se a estimação dos modelos marginais; depois, ajustam-se as cópulas aos resíduos padronizados dos modelos da primeira etapa[6]. Os modelos utilizados para o cálculo das distribuições marginais, dos log retornos, foram os autorregressivos de médias móveis (Arma) com heteroscedasticidade condicional autorregressiva generalizada (Garch), cujos erros seguem uma distribuição normal padrão ou *t* de Student assimétrica, escolhidos de acordo com sua capacidade de captar melhor o padrão serial.

Assim, foram adotadas estas etapas de estimação das cópulas: estimações das distribuições marginais, com modelos $Arma(m,n) - Garch(p,q)$ e estimação das cópulas gaussiana, *t* de Student, de Clayton, de Gumbel e de Joe. Todas foram posteriormente avaliadas pelo teste de bondade de ajuste para cópulas[7].

Dados

As séries históricas utilizadas neste estudo são os preços mensais do boi gordo e da soja, disponíveis no Ipeadata (Ipea, 2019), para São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul, que são comparados com o preço da cana-de-açúcar, disponível na Udop (2019), no mesmo período, de março de 2004 a setembro de 2019, totalizando 187 observações. Para o preço da cana, utilizou-se, para comparação, a série para São Paulo, pois não há registros para os outros estados. Os dados sofreram uma transformação de diferença logarítmica, para atender condições de estacionariedade, e nos modelos de distribuição marginais foram em-

[6] Para mais detalhes, ver Nelsen (2006).

[7] Mais detalhes sobre o teste podem ser obtidos em Genest et al. (2009).

pregados os resultados dos log retornos mensais das séries de preços das commodities.

Optou-se por adotar o preço pago pela cana no campo por se considerar que ele é o que mais se aproxima dos preços do boi gordo e da soja – o preço do etanol acabaria sendo contaminado pelos custos de transporte e produção. Já o uso do preço das commodities para comparação decorre do fato de se acreditar que o preço pago ao produtor é o maior incentivador para o plantio de uma cultura e por ser um fator de mais fácil mensuração quando se analisam três estados. Fatores como disponibilidade e custo de mão de obra também podem ser levados em consideração na hora da escolha para produzir determinada cultura, mas tais medidas são mais complexas e subjetivas.

Modelo para distribuições marginais

O modelo $Arma(m,n) - Garch(p,q)$ para distribuição marginal no processo de estimação das cópulas pode ser descrito por

$$r_t^b = \delta_0 + \sum_{i=1}^{m} \psi_i r_{t-i}^b + a_t - \sum_{j=1}^{n} \Theta_j a_{t-j} \quad (1)$$

$$a_t = \sigma_t \epsilon_t \quad (2)$$

com

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{k=1}^{p} \alpha_k a_{t-k}^2 + \sum_{l=1}^{q} \beta_l \sigma_{t-l}^2 \quad (3)$$

em que r_t^b é o retorno do ativo b (boi, cana ou soja) no período t, δ_0 é a média, a_t é o resíduo do modelo, e ψ_i e Θ_j são os parâmetros do modelos Arma; $\omega > 0$ é a média do processo de volatilidade e α_k e $\beta_l \geq 0$ são os parâmetros do modelos Garch, para $k = 1, ..., p$; $l = 1, ..., q$; e $\epsilon_t \overset{iid}{\sim} D(0,1)$, com $t = 1, ..., T$; $D(.)$ representa uma função densidade de probabilidade (f.d.p.) qualquer, e ϵ_t são observações independentes e identicamente distribuídas, também chamadas de ruído branco.

Cópulas

De acordo com Nelsen (2006), cópulas são funções de distribuição multivariadas, cujas marginais são uniformes no intervalo [0,1], que unem ou copulam funções de distribuições acumuladas às suas funções de distribuição conjunta. O teorema Sklar (1959) liga a definição de cópula com uma função de distribuição n-dimensional e suas distribuições marginais[8]. De acordo com o teorema, para variáveis aleatórias $Y_1, ..., Y_n$ com marginais $F_1, ..., F_n$ e F a função de distribuição conjunta, existe uma n – cópula C tal que, para todo y em R^n,

$$F(y) = C(F_1(y_1),..., F_n(y_n)) \quad (4)$$

Se as marginais $F_1, ..., F_n$ são contínuas, C é unicamente definida. Se C é uma n – cópula, então a função F definida acima é uma distribuição conjunta com n marginais $F_1, ..., F_n$.

Um imediato corolário do teorema de Sklar é

$$C(u_1,...,u_n) = F(F_1^{-1}(u_1),...,F_n^{-1}(u_n)) \quad (5)$$

em que $F_1^{-1},..., F_n^{-1}$ são quase-inversas de $F_1, ..., F_n$, dadas por $F_j^{-1}(u_j) = F_j(y)$.

Os parâmetros de uma cópula podem ser estimados a partir de formas funcionais paramétricas. De modo geral, eles expressam medidas de associação entre duas variáveis aleatórias. A estimação das cópulas, a partir das marginais, pode ser via máxima verossimilhança ou pseudomáxima verossimilhança. Este segundo método é utilizado nos casos em que a matriz hessiana, utilizada na maximização da função log verossimilhança, não é invertível[9]. As famílias de cópulas paramétricas mais empregadas em

[8] Ver Nelsen (2006) para informações sobre C – volume e detalhes sobre cópulas.

[9] Para mais detalhes, ver Genest et al. (1995).

trabalhos da área são: Gaussiana, *t* de Student, Gumbel, Clayton e Joe-Clayton simetrizada (SJC).

Dadas duas marginais *u* e *v* com distribuição uniforme no intervalo (0,1), pode-se definir algumas famílias de cópulas bivariadas: cópula gaussiana (6), *t* de Student (7), Clayton (8), Gumbel (9) e Joe-Clayton simetrizada (10):

$$C_G(u,v;\rho) = \Phi_\rho(\phi_\rho^{-1}(u),\phi_\rho^{-1}(v)) \quad (6)$$

$$C_T(u,v;\rho,\kappa) = T_{\rho,\kappa}(t_{\rho,\kappa}^{-1}(u),t_{\rho,\kappa}^{-1}(v)) \quad (7)$$

$$C_C(u,v;\alpha) = \underset{\alpha}{max}(u^{-\alpha} + v^{-\alpha} - 1,0)^{-1/\alpha} \quad (8)$$

$$C_G(u,v;\delta) = exp(-((-ln\ u)^\delta + (-ln\ v)^\delta)^{1/\delta}) \quad (9)$$

$$C_{SJC}(u,v;\lambda_U,\lambda_L) = 0{,}5(C_{JC}(u,v;\lambda_U,\lambda_V) + \\ + C_{JC}(1-u,1-v;\lambda_U,\lambda_L) + u + v - 1) \quad (10)$$

em que Φ é a acumulada da distribuição normal padrão bivariada; ϕ é a função densidade de probabilidade da normal padrão; *T* é a distribuição *t* de Student acumulada bivariada; *t* é a função densidade de probabilidade da distribuição *t* de Student; e C_{JC} é a cópula de Joe-Clayton[10]. Nelsen (2006) descreve com mais detalhes essas e outras funções de cópulas, bem como suas extensões até *n* dimensões.

O uso desses modelos de cópulas (equações 6,...,10) em estudos de dependências entre séries temporais é diverso. Para Nelsen (2006), as cópulas são invariantes a transformações crescentes e fornecem informações tanto das quantidades de dependência quanto da própria estrutura de dependência (simétrica, assimétrica, cauda superior e inferior), além de sua facilidade em obter a distribuição conjunta entre duas ou mais variáveis aleatórias.

Medidas de dependência

Embrechts et al. (2002) afirmam que a medida tradicional de interdependência, o coeficiente de correlação de Pearson, indica a média dos desvios das médias dos retornos, não captando de forma distinta os grandes e pequenos movimentos do mercado. Com isso, alguns autores – como Breymann et al. (2003); Patton (2006); Ning (2010); Aloui et al. (2011); Chollete et al. (2011) e Reboredo (2012) – têm utilizado, para a análise via famílias de cópulas, diversas estruturas de dependência – simétrica, assimétrica de caudas superior e inferior, por exemplo.

Conforme a natureza do problema, muitas medidas de dependência de cópulas podem ser obtidas a partir das famílias escolhidas, inclusive uma representação de independência pode ser expressa[11]. Por exemplo, para *n* variáveis aleatórias independentes,

$$C(u) = \prod_{j=1}^{n} u_j \quad (11)$$

para $u = (u_1,...,u_n) \in [0,1]^n$.

Resultados e discussão

A Figura 1 mostra que as séries históricas dos preços de soja, cana-de-açúcar e boi gordo, para Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo exibem valores crescentes ao longo do tempo. Na Figura 2, dos gráficos dos log retornos das séries, nota-se uma evolução parecida dos preços das três commodities, com exceção de alguns períodos. Porém, uma análise meramente visual não é suficiente para conclusões acerca de um movimento conjunto ou independente.

A Tabela 1 mostra a análise descritiva dos log retornos das séries históricas dos preços da soja, do boi e da cana para os três estados. Nota-se

[10] $C_{JC}(u,v;\lambda_U,\lambda_L) = 1 - (1 - \{[1-(1-u)^\kappa]^{-\gamma} + [1-(1-v)^\kappa]^{-\gamma} - 1\}^{-1/\gamma})^{1/\kappa}$.

[11] Para mais informações, ver Nelsen (2006).

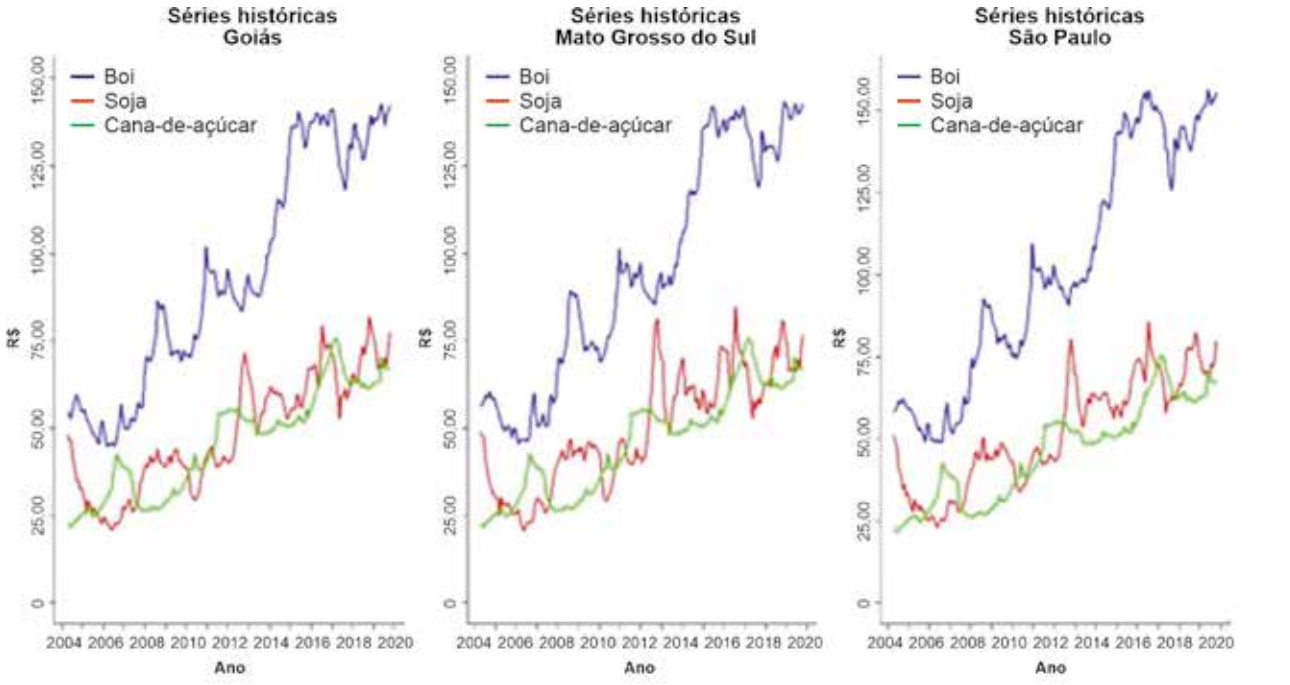


Figura 1. Preços do boi, soja e cana-de-açúcar em Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo em 2004–2020.

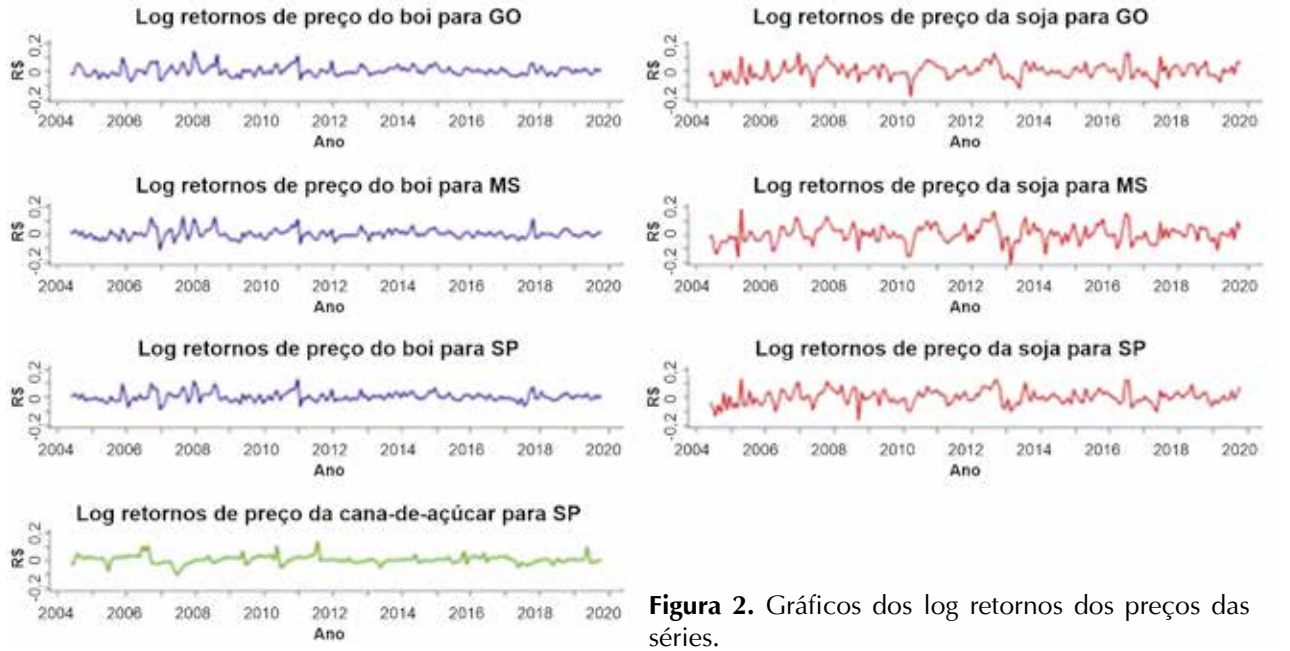


Figura 2. Gráficos dos log retornos dos preços das séries.

que as médias são todas positivas, e o maior valor para a cana-de-açúcar revela que esse produto foi o de maior valorização média no período estudado. No entanto, todas as médias são baixas se comparadas com os respectivos desvios, o que sugere resultados muito voláteis. Para confirmar tal afirmação, aplicou-se o teste ARCH-LM (Engle, 1982), que exibiu significância para todas as séries, exceto para soja em Goiás, o que indica que há efeito Arch (Garch) nas séries.

Tabela 1. Estatística descritiva dos log retornos dos preços do boi, soja, e cana-de-açúcar em São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul.

	Soja GO	Soja SP	Soja MS	Boi GO	Boi SP	Boi MS	Cana SP
Média	0,0025	0,0024	0,0024	0,0052	0,0053	0,0050	0,0059
Min	-0,1739	-0,1593	-0,2070	-0,0710	-0,0844	-0,1130	-0,1043
Max	0,1347	0,1348	0,1850	0,1422	0,1340	0,1291	0,1357
DP	0,0531	0,0520	0,0644	0,0341	0,0332	0,0350	0,0300
Ass	-0,0748	0,0088	-0,1621	0,8850	0,7996	0,7730	0,5452
Curt	3,2361	3,2420	3,5307	4,6175	4,9712	5,6946	3,8278
JB	0,6058	0,4561	2,9971	44,5540*	49,9360*	74,7950*	127,3500*
Q(36)	84,413 *	71,1400*	105,8000*	75,3900*	51,3990*	65,8760*	93,9050*
LM	18,0200	20,7900*	20,9400*	25,1600*	30,7900*	26,4100*	36,3100*
ADF	-7,8188*	-8,0784*	-7,7399*	-9,2797*	-9,2045*	-9,1907*	-6,2456*
PP	-9,7624*	-9,9293*	-9,5854*	-9,4180*	-10,7420*	-10,0250*	-9,4308*
KPSS	0,1626	0,1547	0,1040	0,0628	0,0669	0,0660	0,0874

Notas: Min = mínimo; Max = máximo; DP = desvio padrão; Ass = Assimetria; Curt = Curtose; JB = teste de Jarque & Bera (1987); LM = teste do multiplicador de Lagrange, Engle (1982) com 12 defasagens; ADF = teste de Dickey & Fuller (1979); PP = teste Phillips & Perron (1988); KPSS = teste de Kwiatkowski et al. (1992); $Q(k)$ = estatística de Ljung & Box (1978), com k defasagens. * indica rejeição da hipótese nula ao nível de 5% de significância.

As medidas de curtose apresentaram valores próximos de 3 nas séries de soja, o que sugerem normalidade, resultado confirmado pelo teste de Phillips & Perron (1988). Para as demais séries, os valores são distantes de 3, o que sugere caudas pesadas, comum em séries de preços de commodities. Valores positivos de assimetria sugerem probabilidade de altas mais pronunciadas, exceto a soja em Goiás e Mato Grosso do Sul, onde o comportamento se relaciona com perdas.

Diante dos resultados, aplicou-se o teste de Jarque-Bera (1987) para examinar a normalidade. Nas séries em que o teste rejeitou a hipótese de normalidade, foram utilizadas a distribuição *t* de Student assimétrica na estimativa das marginais; naquelas em que a hipótese não foi rejeitada, foram utilizadas a distribuição normal padrão no modelo Arma-Garch. A estatística do teste de Ljung-Box (Ljung & Box, 1978) indicou correlação serial para todas as séries. O teste LM-ARCH do multiplicador de Lagrange para a estrutura Garch rejeitou a hipótese de nulidade, apontando que há uma estrutura do tipo Garch nas séries, exceto para a soja em Goiás. Os testes de Dickey & Fuller (1979), Phillips & Perron (1988) e Kwiatkowski et al. (1992) foram empregados para examinar a presença de raiz unitária, e todas as séries se mostraram estacionárias.

Os modelos marginais, $Arma(m,n) - Garch(p,q)$, foram selecionados com base nos critérios de informação de Akaike (1974) e bayesiano (Schwarz, 1978). Além disso, a seleção da especificação desses modelos levou em conta as condições necessárias para o passo posterior de estimação das cópulas. Os modelos selecionados foram, então, avaliados pelo teste de Ljung-Box, aplicado aos resíduos, para verificar a existência de dependência serial. Posteriormente, os parâmetros m, n, p e q do modelo $Arma(m,n) - Garch(p,q)$ selecionados foram estimados pelo método da máxima verossimilhança condicional.

A Tabela 2 mostra as estimativas dos parâmetros dos modelos marginais. As ordens desses modelos foram selecionadas após combinações de 0 a 2 para m, n, p e q. As séries de soja para os três estados foram ajustadas com o uso da normal padrão como distribuição dos resíduos, enquanto para as demais séries foi utilizada uma *t* de Student assimétrica. A escolha dessas distri-

Tabela 2. Resultados do ajuste dos modelos (Arma-Garch) para os log retornos.

	Soja GO#	Soja SP#	Soja MS#	Boi GO	Boi SP	Boi MS	Cana SP
Especificação Arma							
δ_0	0,0025 (0,0036)	0,0012 (0,0039)	0,0020 (0,0059)	0,0037 (0,0022)	0,0045 (0,0024)	0,0029 (0,0022)	0,0039* (0,0039)
ψ_1	0,3291* (0,0738)	- (-)	- (-)	0,2939* (0,0936)	- (-)	0,2717* (0,0654)	0,6991* (0,0409)
Θ_1	- (-)	- (-)	0,3375* (0,0699)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
Especificação Garch							
ω	0,0021* (0,0003)	0,0019* (0,0003)	0,0032* (0,0004)	0,0002 (0,0001)	0,0008* (0,0002)	0,0001 (0,0003)	0,0002* (0,0001)
α_1	0,1448 (0,1040)	0,3115* (0,1450)	0,1212 (0,0731)	0,0836 (0,0764)	0,3575* (0,1653)	0,0380 (0,0354)	0,9999* (0,3485)
β_1	- (-)	- (-)	- (-)	0,8883* (0,0936)	- (-)	0,9471* (0,0504)	- (-)
Skew	- (-)	- (-)	- (-)	1,3780* (0,2719)	1,3872* (0,1442)	1,0660* (0,130)	1,0448* (0,0760)
Shape	- (-)	- (-)	- (-)	8,8130 (6,1180)	4,4861* (1,4309)	3,9900* (1,0940)	2,4168* (0,1755)
Teste							
Q(20)	10,3997 [0,9603]	15,8657 [0,7249]	18,3288 [0,5657]	21,6798 [0,3581]	23,5308 [0,2635]	24,1895 [0,2342]	20,9954 [0,3974]
$Q^2(20)$	10,3997 [0,9603]	15,8657 [0,7249]	18,3288 [0,5657]	34,7286 [0,0216]	23,5308 [0,2635]	18,3288 [0,5657]	20,9954 [0,3974]
LM ARCH	6,1089 [0,9105]	10,1826 [0,5999]	17,8313 [0,1209]	20,3730 [0,0604]	11,6431 [0,4747]	15,6503 [0,2078]	15,2156 [0,2299]
KS	0,0439 [0,8655]	0,0409 [0,9143]	0,0582 [0,5551]	0,0390 [0,9395]	0,0591 [0,5341]	0,0441 [0,8618]	0,0781 [0,2061]

Notas: # indica Arma-Garch considerando distribuição normal; * indica rejeição da hipótese nula ao nível de 5% de significância; valores entre parênteses indicam erros padrão; skew e shape são assimetria e forma, respectivamente; valores entre colchetes indicam o valor p para cada teste; $Q(k)$ = estatística de Ljung & Box (1978), com k defasagens; $Q^2(k)$ = estatística de Ljung & Box (1978), com k defasagens para correlação da variância; LM ARCH = teste multiplicador de Lagrange; KS = teste de Kolmogorov-Smirnov.

buições foi feita com base no resultado do teste de Jarque-Bera (Tabela 1).

Para o teste de Ljung-Box aplicado aos quadrados dos resíduos, com *lag* até 20, o valor p acima de 0,05 indica que os modelos selecionados estão especificados de forma adequada para descrever a dependência linear entre os retornos. No teste LM-ARCH, que verifica o efeito do modelo $Garch(m,n)$ nos resíduos até a 20ª ordem, a hipótese de nulidade foi não rejeitada, indicando que não há efeito ARCH nos resíduos. Dito de outra forma, os modelos da classe $Garch(m,n)$ selecionados captaram os movimentos da volatilidade das séries. Para cumprir os requisitos de estimação das cópulas, foi feita uma padronização nos resíduos dos modelos $Arma(m,n) - Garch(p,q)$. O teste KS[12] de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado aos resíduso padronizados e indicou aderência à distribuição uniforme (Tabela 2).

[12] Mais detalhes em Conover (1971).

Cópulas bivariadas

A Tabela 3 mostra as estimativas para os parâmetros das cópulas[13] para cada par de séries. Os valores de AIC destacados indicam o menor (melhor) valor entre os modelos de cópulas de um mesmo par e representam as cópulas selecionadas em cada caso. Tanto a forma de seleção, por meio do AIC, quanto os resultados não significativos dos parâmetros indicam, exceto para "cana × boi GO", uma relação de neutralidade entre mercados de energia e alimentos nas regiões avaliadas. Embora as cópulas se mostrem bem ajustadas, a independência é confirmada com o valor igual a 1 estimado para os parâmetros das cópulas Gumbel, bem como os demais parâmetros das famílias ajustadas. Com $\delta = 1$ para essas cópulas, isso sugere independência

Tabela 3. Resultados das cópulas bivariadas.

Cópula	Cana × Soja GO	Cana × Soja SP	Cana × Soja MS	Cana × Boi GO	Cana × Boi SP	Cana × Boi MS
Gaussiana						
ρ	0,0646 (0,0700)	-0,0091 (0,0710)	0,0109 (0,0710)	0,2059* (0,0670)	0,0902 (0,0680)	0,0897 (0,0690)
AIC	1,1630	1,9832	**1,9761**	**-6,5979**	0,2933	**0,3463**
***t* de Student**						
ρ	0,0639 (0,0770)	-0,0049 (0,0770)	0,0109 (0,0710)	0,2054* (0,0670)	0,0898 (0,0690)	0,0898 (0,0690)
κ	14,1654 (13,2800)	14,0031 (13,5210)	7.331,0000* (34,3840)	8.242,284* (38,4420)	107,4397 (442,3200)	7.117,0000 (76,8850)
AIC	1,8229	2,7516	3,9791	-4,5935	2,2639	2,3485
Clayton						
α	0,1300 (0,08100)	0,0662 (0,0750)	0,0241 (0,0770)	0,2830* (0,1020)	0,0965 (0,0770)	0,1196 (0,0860)
AIC	**-1,5470**	**1,3017**	2,5724	-3,0224	**0,0828**	0,8828
Gumbel						
δ	1,0000* (0,0450)	1,0000* (0,0470)	1,0030* (0,0370)	1,0810* (0,0530)	1,0080* (0,0450)	1,0000* (0,0510)
AIC	2,0000	2,0001	1,9950	-0,7746	1,9645	2,0000
Joe						
α	1,0000* (0,0670)	1,0000* (0,0710)	1,0050* (0,0490)	1,056* (0,0710)	1,0000* (0,0680)	1,0000* (0,0760)
AIC	2,0000	2,0001	1,9892	1,2989	2,0000	2,0000
SJC						
τ	0,0600	0,0300	0,0000	0,0900	0,0500	0,0400
λ_U	0,0000	0,0000	0,0100	0	0,0000	0,0000
λ_L	0,0000	0,0000	0,0000	0,0300	0,0000	0,0000
AIC	6,9500	3,3500	4,0100	-1,6900	2,1100	2,7300

Notas: valores entre parênteses representam os erros padrão; os parâmetros das cópulas foram estimados via máxima verossimilhança e, em alguns casos, por pseudomáxima verossimilhança (cópulas Gumbel e Joe para Cana × soja GO e SP e cópula Joe para Cana × Boi SP); * indica significância ao nível de 5%.

[13] Cópulas estimadas pela função *fitCopula{Copula}* do software R 4.0.2 (R Core Team, 2020).

entre variáveis, pois se δ = 1 na equação 9, então recai-se no caso da equação 11.

Uma causa possível para esses resultados de independência pode ser o aumento de produtividade de terras, como evidenciado por Adami et al. (2012). Os autores afirmam que embora a soja e as pastagens venham sendo convertidas em plantações de cana-de-açúcar, essas culturas têm apresentado ganho elevado de produtividade. Mas esses resultados podem sugerir também que no Brasil, regionalmente, os comovimentos entre (bio)energia e alimentos são independentes, como mostrado em outros estudos internacionais, como Mueller et al. (2011) e Reboredo (2012).

Embora tais produtos concorram pelo uso das terras, a produção de boi e soja, que vem perdendo espaço para a cana-de-açúcar, está se valendo de tecnologias para elevar a produtividade. Segundo o IBGE (2011), em São Paulo a capacidade de produção de gado passou de 1,00 cabeça por hectare em 1975 para 1,85 cabeça por hectare em 2006 e, embora a área de pastagem tenha sido significativamente reduzida em 4,4 milhões de hectares, o rebanho bovino cresceu 1,4 milhão de cabeças.

Além disso, o Centro-Sul experimentou tanto uma perda de 24,1 milhões de hectares de pastagens quanto um aumento de 45,3 milhões de cabeças de gado apenas elevando a capacidade de produção de 0,58 para 1,23 cabeças por hectare em 1975–2006, e isso pode justificar a independência entre os preços das commodities, mesmo elas competindo por terras. Conforme Macedo (2006) e Nassar (2009), a intensificação do uso da terra de pastagem, por causa do aumento da eficiência da pecuária, liberou terras para a produção agrícola.

Se a produtividade das outras commodities não forem suficientes para liberar terras, a expansão da cana-de-açúcar poderia levar, indiretamente, ao desmatamento na região[14]. Contudo, essa possível associação não foi avaliada neste estudo.

Outro fator que dificulta uma resposta rápida à oscilação dos preços do mercado é o processo de produção da cana-de-açúcar, que exige pensamento de longo prazo e de exclusividade de produção. Moraes & Zilberman (2014) e Khanna et al. (2017) afirmam que a natureza perene da cana-de-açúcar implica um compromisso mínimo de produção de cinco anos. Granco et al. (2018a) apontam alguns fatores que dificultam essa transformação: ciclo de produção de longo prazo, sendo economicamente viável por seis safras (Goldemberg, 2006; Sant'Anna et al., 2015); crescimento em um sistema soca (a planta produz novamente depois do corte) (Nogueira et al., 2013); e uso de maquinário especialmente projetado para a cana, o que reduz a capacidade dos agricultores de produzirem outras culturas (Coelho et al., 2006; Van Den Wall Bake et al., 2009; Aguiar et al., 2011). Segundo Defante et al. (2020), esse cultivo de longo prazo fez com que o setor sucroalcooleiro não sofresse tantos impactos nas crises de 2008 e 2014, pois, por causa dos compromissos de produção, diversos empregos foram mantidos.

Por fim, foi aplicado um teste para a qualidade do ajuste[15], que consiste em comparar uma cópula empírica com uma estimativa paramétrica. Os resultados revelaram que todos os modelos escolhidos pelo critério de AIC se mostraram significativos para um bom ajuste (p maior do que 0,05). Os valores de p para a estatística desse teste foram ajustados por meio de *bootstrap* paramétrico[16].

Cópulas trivariadas

A Tabela 4 mostra os resultados das cópulas trivariadas. O mesmo teste para ajuste de cópulas foi aplicado e resultou em significância

[14] Ver Martinelli & Filoso (2008).

[15] Mais detalhes em Genest & Rémillard (2008) e Genest et al. (2009).

[16] Teste realizado pela função *gofCopula* do pacote copula do software R, versão 4.0.2 (R Core Team, 2020), ver Genest et al. (2009).

Tabela 4. Resultados das cópulas trivariadas.

Cópula	Cana – Boi – Soja GO	Cana – Boi – Soja MS	Cana – Boi – Soja SP
Gaussiana			
ρ	0,1002* (0,0610)	0,0751* (0,0430)	0,0430* (0,0420)
AIC	-3,5518	**-1,2104**	0,9106
***t* de Student**			
ρ	0,1014* (0,0460)	0,0751* (NA)	0,0436* (0,0440)
κ	47,4984 (81,5500)	1.336,2145 (NA)	30,4402 (36,4970)
AIC	-1,9242	0,7939	2,1442
Clayton			
α	0,1252* (0,0520)	0,03247* (0,0400)	0,0579* (0,0450)
AIC	**-5,9906**	1,2484	**-0,0541**
Gumbel			
δ	1,0350* (0,0300)	1,019* (0,0290)	1,0000* (0,0310)
AIC	0,8855	1,5244	2,000
SJC			
τ	1,001* (0,1100)	1,0200* (0,0900)	1,0300* (0,0700)
λ_U	0,0001	0,0300	0,0400
λ_L	0,0000	0,0000	0,0000
AIC	3,1500	2,5600	3,7100

para todas as cópulas estimadas. As cópulas de menor AIC foram escolhidas: Clayton para Goiás e São Paulo e gaussiana para Mato Grosso do Sul. As medidas de dependência estimadas com base nessas cópulas foram $\tau = 0,0589$; $\tau = 0,0159$; e $\tau = 0,0478$, respectivamente.

As particularidades dos mercados de cada estado analisado podem ter sido um dos motivos que causam uma correlação baixa entre os preços das commodities. Em Goiás e Mato Grosso do Sul, é comum a venda de commodities por contratos a preço futuro, o que causa menor oscilação. Abitante (2008) faz uma análise da correlação entre o mercado futuro e o mercado *spot* (à vista) para algumas commodities e encontra relação entre esses dois preços em grande parte do ano, ou seja, o preço no mercado *spot* acaba convergindo para o preço do mercado futuro em diversos momentos.

Considerações finais

Este trabalho analisou a dependência entre as séries de seis pares das cópulas bivariadas, confrontando os log retornos dos preços da soja e do boi gordo com o da cana-de-açúcar para São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul. Só a cópula "cana × boi GO" exibiu dependência significativa, mas de valor bastante pequeno ($\tau = 0,13$) – dependência fraca, portanto. Para os demais casos, os resultados apontam que não há evidências de dependência em nenhuma direção, o que indica neutralidade entre os mercados regionais de cana × soja para os três

estados e de cana x boi para São Paulo e Mato Grosso do Sul. Isso sugere que o preço por si só não é suficiente para a mudança da cultura na região, pois sua oscilação, moderada na região estudada, possivelmente está relacionada com os contratos futuros de venda com preços preestabelecidos.

Embora exista concorrência direta por terras entre esses produtos agrícolas e o gado, a expansão da cana-de-açúcar em direção ao oeste de São Paulo e ao Cerrado brasileiro, em especial Goiás e Mato Grosso do Sul, aparentemente não gera dependência entre os preços. Ou seja, esse avanço não parece ser suficiente para influenciar o preço das demais culturas, indicação de que, para isso, ele não vem ocorrendo de forma tão rápida. Os resultados apontam que a expansão da produção da cana-de-açúcar não coloca em risco a seguridade alimentar, em linha com Souza et al. (2007) e Forest et al. (2014).

Das terras sobre as quais a cana se expande, apenas 1% para Nassar et al. (2008), 6% para Silva & Miziara (2011) e 5% para Adami et al. (2012) são de cultivos naturais do solo, não precisamente florestas, o que mostra que revogar o ZAE Cana não foi uma decisão acertada. No entanto, a produção bovina em Goiás merece um pouco de atenção, pois os modelos sugerem elevação do preço e que ela ocorre em conjunto com a produção da cana-de-açúcar no estado.

Não se sabe até quando a cana-de-açúcar precisará se expandir. Valdes et al. (2016) orientam para dois cenários importantes: se houver alta do preço do petróleo, possivelmente haverá maiores demandas por etanol; se o preço do petróleo cair, é bem provável que a demanda por etanol e por terras diminua. Mas a demanda por energias mais limpas é outro fator que incentiva a produção de etanol. Com base nos resultados de Pereira & Silveira (2016), espera-se que o avanço do setor só seja possível com forte investimento em novos processos e tecnologias, incluindo o etanol de segunda geração, além da melhoria do padrão de eficiência das usinas já instaladas.

Referências

ABITANTE, K.G. Co-integração entre os mercados *spot* e futuro: evidências dos mercados de boi gordo e soja. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, p.75-96, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000100004.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] CANA-DE-AÇÚCAR: safra 2019/20: terceiro levantamento, v.6, n.3, dez. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ADAMI, M.; RUDORFF, B.F.T.; FREITAS, R.M.; AGUIAR, D.A.; SUGAWARA, L.M.; MELLO, M.P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, v.4, p.574-585, 2012. DOI: https://doi.org/10.3390/su4040574.

AGUIAR, D.A.; RUDORFF, B.F.T.; SILVA, W.F.; ADAMI, M.; MELLO, M.P. Remote sensing images in support of environmental protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo state, Brazil. **Remote Sens**, v.3, p.2682-2703, 2011. DOI: https://doi.org/10.3390/rs3122682.

AKAIKE, H.A. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v.19, p.716-723, 1974. DOI: https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705.

ALOUI, R.; BEM AISSA, M.S.; NGUYEN, D.K. Global financial crisis, extreme interdependences, and contagion effects: the role of economic structure? **Journal of Banking & Finances**, v.35, p.130-141, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.07.021.

ARAUJO, G.J.F. de; OLIVEIRA, S.V.W.B. de. Energy and environmental analysis of vinasse processing using internal circulation biodigesters and concentrators for different production ranges of ethanol and its potential impact on Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v.23, p.3130-3163, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10668-020-00710-4.

BARROS, S. **Brazil**: biofuels annual. Gain report number: BR14004. Washington: USDA, FAS, 2014.

BELIK, V. A heterogeneidade e suas implicações para as políticas públicas no rural brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.53, p.9-30, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301001.

BERNARDO, R.; LOURENZANI, W.L.; SATOLO, E.G.; CALDAS, M.M. Analysis of the agricultural productivity of the sugarcane crop in regions of new agricultural expansions of sugarcane. **Gestão e Produção**, v.26, e3554, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/0104-530x3554-19.

BRASIL. Decreto nº 10.084, de 5 de novembro de 2019. Revoga o Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009,

que aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. **Diário Oficial da União**, 6 nov. 2019. Seção1, p.2.

BRASIL. Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. **Diário Oficial da União**, 18 set. 2009. Seção1, p.1-30.

BREYMANN, W.; DIAS, A.; EMBRECHTS, P. Dependence structures for multivariate high-frequency data in finance. **Quantitative Finance**, v.3, p.1-14, 2003. DOI: https://doi.org/10.1080/713666155.

CALDAS, M.M.; GTANCO, G.; BISHOP, C.; KASTENS, J.; BROWN, J.C. Effects of sugarcane ethanol expansion in the brazilian Cerrado: land use response in the new frontier. In: QIN, Z.; MISHRA, U.; HASTINGS, A. (Ed.). **Bioenergy and Land Use Change**. Hoboken: J. Wiley, 2018. p.39-51. (Geophysical Monograph, 231). DOI: https://doi.org/10.1002/9781119297376.ch3.

CAPAZ, R.S.; CARVALHO, V.S.B.; NOGUEIRA, L.A.H. Impact of mechanization and previous burning reduction on GHG emissions of sugarcane harvesting operations in Brazil. **Applied Energy**, v.102, p.220-228, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.049.

CHEN, S.-T.; KUO, H.-I.; CHEN, C.-C. Modeling the relationship between the oil price and global food prices. **Applied Energy**, v.87, p.2517-2525, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.020.

CHERUBIN, M.R.; FRANCO, A.L.C.; CERRI, C.E.P.; OLIVEIRA, D.M. da S.; DAVIES, C.A.; CERRI, C.C. Sugarcane expansion in Brazilian tropical soils - Effects of land use change on soil chemical attributes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.211, p.173-184, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.006.

CHOLLETE, L.; DE LA PAÑA, V.; LU, C.-C. International diversification: a copula approach. **Journal of Banking & Finance**, v.35, p.403-417, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.08.020.

COELHO, S.T.; GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; GUARDABASSI, P. Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned. **Energy for Sustainable Development**, v.10, p.26-39, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60529-3.

CONOVER, W.J. **Practical Nonparametric Statistics**. New York: J. Wiley & Sons, 1971.

DEFANTE, L.R.; VILPOUX, O.F.; SAUER, L. Importance of the sugarcane industry in the formal employment in the state of Mato Grosso do Sul during the period of 2008 to 2014. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.58, e193496, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.193496.

DHILLON, R.S.; VON WUEHLISCH, G. Mitigation of global warming through renewable biomass. **Biomass and Bioenergy**, v.48, p.75-89, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.11.005.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the estimators for autorregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v.74, p.427-431, 1979. DOI: https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531.

EMBRECHTS, P.; MCNEIL, A.J.; STRAUMANN, D. Correlation and dependence in risk management: properties and pitfalls. In: DEMPSTER, M. (Ed.). **Risk management**: value at risk and beyond. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p.176-223. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511615337.008.

ENGLE, R.F. Autorregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. **Econometrica**, v.50, p.987-1007, 1982. DOI: https://doi.org/10.2307/1912773.

FERRACIOLI, K.G.; BACHA, C.J.C.; JACOMINI, R.L. Linhas de crédito do BNDES para o setor sucroenergético brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano25, p.52-61, 2016.

FERREIRA, M.E.; FERREIRA JR, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; MIZIARRA, F. Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective. **Journal of Land Use Science**, v.11, p.33-47, 2016. DOI: https://doi.org/10.1080/1747423X.2013.845613.

FERREIRA, M.E.; FERREIRA JR, L.G.; MIZIARA F.; SOARES-FILHO, B.S. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, v.8, p.403-421, 2013. DOI: https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.675363.

FIGUEIRA, S.R.F. Impactos dos preços e do crédito rural sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.58, e186266, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.186266.

FOREST, R.; FOREST, M.; COSTA, J.S. da; RUVIARO, C.F. Segurança alimentar e sua relação com a expansão do programa de biocombustíveis. **Revista de Política Agrícola**, ano23, p.99-111, 2014.

GANDOLFI, M.R.C.; JESUS, C.M.; GANDOLFI, P.E. Qualidade do emprego nas culturas de café, cana-de-açúcar e milho: estudo comparativo 2000/2010 entre mesorregiões de Minas Gerais. **Revista de Economia e**

Sociologia Rural, v.57, p.63-80, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790570104.

GENEST, C.; GHOUDI, K.; RIVEST, L.-P. A semiparametric estimation procedure of dependence parameters in multivariate families of distributions. **Biometrika**, v.82, p.543-552, 1995. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/82.3.543.

GENEST, C.; RÉMILLARD, B. Validity of the parametric bootstrap for goodness-of-fit testing in semiparametric models. **Annales de l'Institut Henri Poincare: Probabilités et Statistiques**, v.44, p.1096-1127, 2008. DOI: https://doi.org/10.1214/07-AIHP148.

GENEST, C.; RÉMILLARD, B.; BEAUDOIN, D. Goodness-of-fit tests for copulas: A review and a power study. **Insurance: Mathematics & Economics**, v.44, p.199-213, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2007.10.005.

GILIO, L.; MORAES, M.A.F.D. de. Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: a spatial dynamic panel approach. **Energy Economics**, v.58, p.27-37, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.06.005.

GOLDEMBERG, J. The ethanol program in Brazil. **Environmental Research Letters**, v.1, art.014008, 2006. DOI: https://doi.org/10.1088/1748-9326/1/1/014008.

GOLDEMBERG, J.; MELLO, F.F.C.; CERRI, C.E.P.; DAVIES, C.A.; CERRI, C.C. Meeting the global demand for biofuels in 2021 through sustainable land use change policy. **Energy Policy**, v.69, p.14-18, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.008.

GRANCO, G.; CALDAS, M.M.; BERGTOLD, J.S.; SANT'ANNA, A.C. Exploring the policy and social factors fueling the expansion and shift of sugarcane production in the Brazilian Cerrado. **GeoJournal**, v.82, p.63-80, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s10708-015-9666-y.

GRANCO, G.; CALDAS, M.M.; FEATHERSTONE, A.; SANT'ANNA, A.C.; BERGTOLD, J. Farmers' acreage responses to the expansion of the sugarcane ethanol industry: the case of Goiás and Mato Grosso do Sul, Brazil. In: LI, R.; MONTI, A. (Ed.). **Land allocation for biomass crops**: challenges and opportunities with changing land use. Cham: Springer, 2018a. p.103-123. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74536-7_6.

GRANCO, G.; SANT'ANNA, A.C.; BERGTOLD, J.S.; CALDAS, M.M. Factor influencing ethanol mill location in a new sugarcane producing region in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.111, p.125-133, 2018b. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.001.

HAUSMAN, C. Biofuels and land use change: sugarcane and soybean acreage response in Brazil. **Environmental and Resource Economics**, v.51, p.163-187, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/s10640-011-9493-7.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata**: [dados macroeconômicos e regionais]. 2019. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2019.

JARQUE, C.M.; BERA, A.K. A test for normality of observations and regression residuals. **International Statistical Review**, v.55, p.163-172, 1987. DOI: https://doi.org/10.2307/1403192.

KALTALIOGLU, M.; SOYTAS, U. Price transmission between world food, agricultural raw material and oil prices. In: GBATA INTERNATIONAL CONFERENCE, 11., 2009, Prague. **Proceedings**. Prague: GBATA, 2009. p.596-603.

KHANNA, M.; LOUVIERE, J.; YANG, X. Motivations to grow energy crops: the role of crop and contract attributes. **Agricultural Economics**, v.48, p.263-277, 2017. DOI: https://doi.org/10.1111/agec.12332.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P.C.B.; SCHIMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, v.54, p.159-178, 1992. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y.

LEMOS, P.H.; VIEIRA, J.G.V.; SILVA, J.E.A.R. da; NUNES, R.F. Avaliação das alternativas de recolhimento do palhiço de cana. **Revista de Política Agrícola**, ano28, p.73-89, 2019.

LJUNG, G.M.; BOX, G.E.P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v.65, p.297-303, 1978. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297.

LOURENZANI, W.L.; CALDAS, M.M. Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região Oeste de São Paulo. **Ciência Rural**, v.44, p.1980-1987, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140186.

MACEDO, L.O.B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. **Informações Econômicas**, v.36, p.83-95, 2006.

MANOEL, A.A.S.; MORAES, M.B. da C.; SANTOS, D.F.L.; NEVES, M.F. Determinants of corporate cash holdings in times of crisis: insights from Brazilian sugarcane industry private firms. **International Food and Agribusiness Management Review**, v.21, p.201-218, 2018. DOI: https://doi.org/10.22434/IFAMR2017.0062.

MANZATTO, C.V.; ASSAD, E.D.; BACA, J.F.M.; ZARONI, M.J.; PEREIRA, S.E.M. (Org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55p. (Embrapa Solos. Documentos, 110).

MARIN, F.R. Understanding sugarcane production, biofuels, and market volatility in Brazil - a research perspective. **Outlook on Agriculture**, v.45, p.75-77, 2016. DOI: https://doi.org/10.1177/0030727016649802.

MARTINELLI, L.A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v.18, p.885-898, 2008. DOI: https://doi.org/10.1890/07-1813.1.

MCMANUS, C.; BARCELLOS, J.O.J.; FORMENTON, B.K.; HERMUCHE, P.M.; CARVALHO, O.A. de; GUIMARÃES, R.F.; GIANEZINE, M.; DIAS, E.A.; LAMPERT, V. do N.; ZAGO, D.; BRACCINI NETO, J. Dynamics of cattle production in Brazil. **PLoS ONE**, v.11, e0147138, 2016. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147138.

MORAES, M.A.F.D. de; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil**: from state intervention to a free market. New York: Springer, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03140-8.

MUELLER, S.A.; ANDERSON, J.E.; WALLINGTON, T.J. Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.1623-1632, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.030.

MUTUC, M.; PAN, S.; HUDSON, D. Response of cotton to oil price shocks. **Agricultural Economics Review**, v.12, p.40-49, 2011.

NASSAR, A.M. Brazil as an economic superpower. In: BRAINARD, L.; MARTINEZ-DIAZ, L. (Ed.). **Brazil as an economic superpower?** Understanding Brazil's changing role in the global economy. Washington: Brookings Institution, 2009. p.55-80.

NASSAR, A.M.; RUDORFF, B.F.T.; ANTONIAZZI, L.B.; AGUIAR, D.A. de; BACCHI, M.R.P.; ADAMI, M. Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. In: ZUURBIER, P.; van de VOOREN, J. (Ed.). **Sugarcane ethanol**: contributions to climate change mitigation and the environment. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2008. p.63-93.

NAZLIOGLU, S.; SOYTAS, U. World oil prices and agricultural commodity prices: evidence from an emerging Market. **Energy Economics**, v.33, p.488-496, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.11.012.

NELSEN, R.B. **An introduction to copulas**. 2nd ed. New York: Springer, 2006. 269p.

NEVES, M.F.; TROMBIN, V.G.; CONSOLI, M. The sugar-energy map of Brazil. In: SOUSA, E.L.L. de; MACEDO, I. de C. (Coord.). **Ethanol and bioelectricity**: sugarcane in the future of the energy matrix. São Paulo: Unica, 2010. p.14-43.

NEVES, M.F.; WAACK, R.S.; MARINO, M.K. O sistema agroindustrial de cana-de-açúcar: caracterização das transações entre empresas de insumos, produtores de cana e usinas. **Anais**. Brasília: SOBER, 1998.

NING, C. Dependence structure between the equity Market and the foreing exchange market-a copula approach. **Journal of International Money and Finance**, v.29, p.743-759, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2009.12.002.

NOGUEIRA, L.A.H.; MOREIRA, J.R.; SCHUCHARDT, U.; GOLDEMBERG, J. The rationality of biofuels. **Energy Policy**, v.61, p.595-598, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.112.

NUÑEZ, H.M.; ÖNAL, H.; KHANNA, M. Land use and economic effects of alternative biofuel policies in Brazil and the United States. **Agricultural Economics**, v.44, p.487-499, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/agec.12032.

PATTON, A.J. Modelling asymmetric exchange rate dependence. **International Economic Review**, v.47, p.527-556, 2006. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2006.00387.x.

PEREIRA, C.N.; SILVEIRA, J.M.F.J. Análise exploratória da eficiência produtiva das usinas de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.54, p.147-166, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401008.

PHILLIPS, P.C.B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v.75, p.335-346, 1988. DOI: https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335.

POPOVA, N.D.; MARTINES FILHO, J.G.; NASTARI, P.M. Effects of free gasoline prices on the ethanol sector in São Paulo. **Revista de Política Agrícola**, ano27, p.65-81, 2018.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 13 fev. 2020.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v.38, p.146-155, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.11.002.

REBOREDO, J.C. Do food and oil prices co-move? **Energy Policy**, v.49, p.456-467, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.035.

RESENDE, A.G.; CÂNDIDO, O. Dependence analysis of ethanol, sugar, oil, Brl/Usd exchange rate and Bovespa: a vine copula approach. **Economia Aplicada**, v.19, p.455-480, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-8050/ea130174.

SAIANI, C.C.S.; PEROSA, B.B. Saúde respiratória e mecanização da colheita da cana-de-açúcar nos municípios paulistas: a importância do Protocolo Agroambiental. **Revista de Economia e Sociologia Rural**,

v.54, p.29-50, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401002.

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, p.113-124, 2010. DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4.

SANT'ANNA, A.C.; GRANCO, G.; BERGTOLD, J.; CALDAS, M.M. Os desafios da expansão da cana-de-açúcar: como pensam e agem arrendatários e produtores? **Radar**, v.39, p.39-48, 2015.

SANT'ANNA, A.C.; SHANOYAN, A.; BERGTOLD, J.S.; CALDAS, M.M.; GRANCO, G. Ethanol and sugarcane expansion in Brazil: what is fueling the ethanol industry? **International Food and Agribusiness Management Review**, v.19, p.163-182, 2016. DOI: https://doi.org/10.22434/IFAMR2015.0195.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, v.6, p.461-464, 1978. DOI: https://doi.org/10.1214/aos/1176344136.

SILVA, A.A.; MIZIARA, F. Avanço do setor sucroalcoleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.399-407, 2011.

SKLAR, A. Fonctions de riépartition á n dimension et leurs marges. **Publications de l'Institut Statistique de l'Université de Paris**, v.8, p.229-231, 1959.

SOUZA, G. da S. e; ALVES, E.; GOMES, E.G.; GAZZOLA, R.; MARRA, R. Substituição de culturas: uma abordagem empírica envolvendo cana-de-açúcar, soja, carne bovina e milho. **Revista de Política Agrícola**, ano16, p.5-13, 2007.

STRASSBURG, B.B.N.; LATAWIEC, A.E.; BARIONI, L.G.; NOBRE, C.A.; SILVA, V.P. da; VALENTIM, J.F.; VIANNA, M.; ASSAD, E.D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v.28, p.84-97, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001.

TROMBETA, N. de C.; CAIXETA FILHO, J.V. Potencial e disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.55, p.479-496, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550304.

UDOP. União Nacional da Bioenergia. **Valores de ATR e preço da tonelada de cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo**. 2019. Disponível em: <https://udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2019.

VALDES, C.; HJORT, K.; SEELEY, R. **Brazil's agricultural land use and trade**: effects of changes in oil prices and ethanol demand. Washington: USDA, 2016. (Economic Research Report, 210).

VAN DEN WALL BAKE, J.D.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.; POOT, T.; WALTER, A. Explaining the experience curve: cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.644-658, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.006.

VEDANA, R.; RODRIGUES, K.C.T.T.; PARRÉ, J.L.; SHIKIDA, P.F.A. Distribuição espacial da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano28, p.121-133, 2019.

WALKER, R.; MOORE, N.J.; ARIMA, E.; PERZ, S.; SIMMONS, C.; CALDAS, M.; VERGARA, D.; BOHRER, C. Protecting the Amazon with protected areas. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America**, v.106, p.10582-10586, 2009. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.0806059106.

O futuro do arroz de terras altas no Brasil
Cultivo de oportunidade[1,2]

Carlos Augusto M. Santana[3]
Geraldo da Silva e Souza[4]
Eliane Gonçalves Gomes[5]

Resumo – Este trabalho examinou o futuro do cultivo do arroz de terras altas no Brasil. Com análise de séries temporais, investigaram-se as variáveis produção, área colhida, importação e consumo de arroz irrigado e de terras altas. Os resultados apontam para a consolidação da tendência de queda secular do cultivo de arroz de terras altas no País. Alguns fatores disruptivos podem levar à emergência de um cenário diverso, mas, não há, no momento, evidências em favor de mudanças positivas suficientemente robustas para se sobreporem à manutenção da trajetória em curso. Além disso, não existem forças de mercado pressionando por mudanças. O arroz de terras altas não desaparecerá das lavouras brasileiras; ele continuará existindo como um cultivo de oportunidade.

Palavras-chave: área colhida, consumo, pesquisa, política pública, produção.

The future of upland rice in Brazil: a crop of opportunity

Abstract – This article examined the future of upland rice in Brazil. Using time series analysis, the variables production, harvested area, imports, and the consumption of irrigated and upland rice were investigated. The results show the consolidation of the secular downward trend for upland rice cultivation in the country. Some disruptive factors may lead to the emergence of a diverse scenario; however, currently, there is no evidence that enables arguing in favor of positive changes for this crop being robust enough to override the observed path. There are also no market forces pressing for changes. The upland rice will not disappear from Brazilian fields, it will continue existing as a crop of opportunity.

Keywords: harvested area, consumption, agricultural research, public policy, production.

Introdução

O arroz é um dos principais alimentos da dieta nacional e um produto fundamental para a segurança alimentar global, em especial nos países asiáticos e na Oceania, onde está concentrada mais de 90% da produção e do consumo mundiais desse cereal (OECD-FAO..., 2021). Além de estar no prato da maioria da população brasileira quase todos os dias, o arroz se destaca em termos econômicos e sociais.

[1] Original recebido em 23/2/2022 e aprovado em 18/3/2022.

[2] Os autores agradecem as valiosas contribuições feitas por profissionais da Embrapa Arroz e Feijão, da Conab, da ANA e da Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa.

[3] Pesquisador da Embrapa – Sire. E-mail: carlos.santana@embrapa.br

[4] Professor colaborador do Departamento de Estatística da Universidade de Brasília (UnB). E-mail: geraldosouza@unb.br

[5] Pesquisadora da Embrapa – Sire. E-mail: eliane.gomes@embrapa.br

O Brasil é o principal produtor e consumidor de arroz fora da Ásia. Em 2020, o País cultivou 1,680 milhão de hectares com o grão e produziu 11,091 milhões de toneladas (IBGE, 2020b), volume suficiente para atender à demanda interna. Como resultado, foram gerados naquele ano R$ 19,951 bilhões em termos de valor bruto da produção medidos a preços de outubro de 2021 (Brasil, 2021b). A estimativa para 2021 indica aumento de 2,5% do valor, o que coloca a lavoura orizícola entre as de maior importância econômica no Brasil. Quanto ao aspecto social, aproximadamente 180 mil estabelecimentos cultivaram arroz no País em 2017 (IBGE, 2017), a grande maioria (94%) com área menor do que dez hectares, o que caracteriza seu cultivo como uma atividade desenvolvida predominantemente por pequenos produtores.

Além de importante, o cultivo de arroz no Brasil tem apresentado grandes transformações ao longo do tempo. Em 1975, cinco estados responderam por aproximadamente 70% da área colhida com o grão: Goiás (18%), Minas Gerais (15%), Mato Grosso (15%), Maranhão (12%) e São Paulo (10%). Em 2020, apenas três estados contribuíram com 73% da área colhida: Rio Grande do Sul (57%), Santa Catarina (9%) e Tocantins (8%). Observa-se, então, que a mudança ocorreu não só em termos do número de estados com maior participação – aumento da concentração da produção (IBGE, 2020b). Houve também deslocamento geográfico do cultivo do Cerrado brasileiro para a região Sul (Santana et al., 2011).

A dinâmica estrutural não parou aí. Ela foi acompanhada por uma modificação substancial no uso dos dois principais sistemas de produção, o irrigado[6] e o de terras altas[7], também conhecido como sistema de sequeiro. Em 1986, cerca de 80% da área colhida com arroz no Brasil foi explorada com o sistema de terras altas; o restante, 20%, foi irrigado (Embrapa Arroz e Feijão, 2021b). Depois daquele ano, a participação do sistema irrigado cresceu e a do outro, caiu. Em 2008 e 2009, a participação de cada um desses dois sistemas foi de 50% aproximadamente; onze anos mais tarde, em 2020, a continuidade do processo de transformação resultou no uso do sistema irrigado em 77% da área colhida com arroz no País (Embrapa Arroz e Feijão, 2021b).

O quadro de mudanças na cadeia de arroz no Brasil inclui também uma redução substancial do número de estabelecimentos beneficiadores do produto ao longo dos anos, com concentração desse tipo de indústria no Rio Grande do Sul (Brasil, 2021d). De acordo com dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) do Ministério da Economia (Brasil, 2021d), em 2006–2019 a indústria nacional beneficiadora de arroz experimentou queda de 39% no número de estabelecimentos, de 1.117 unidades para 680. Essa tendência de queda ocorreu em todas as Unidades da Federação, mas foi mais acentuada em importantes estados produtores de arroz de terras altas, como Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais. Como resultado das modificações, a participação do Rio Grande do Sul no número total de estabelecimentos de beneficiamento não só permaneceu a mais elevada, como também cresceu, de 26% em 2006 para 35% em 2019 (Brasil, 2021d).

Vários fatores contribuíram para essas transformações, entre eles, a extraordinária expansão da soja no Cerrado, a preferência do consumidor doméstico por grão com aspecto visual vítreo característico do arroz irrigado e o risco de perda por adversidade climática, como a ocorrência de veranico durante o cultivo e o excesso de chuva na época da colheita (Ferreira, 2019). Segundo esse autor, outros fatores são a baixa competitividade do arroz de terras altas diante do irrigado em termos de preço e qualidade; as iniciativas de modernização da indústria de beneficiamento de arroz irrigado;

[6] De acordo com Ferreira (2014b), o sistema irrigado pode ser dividido em irrigado subtropical, utilizado no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, e tropical, adotado principalmente no Tocantins, no Maranhão e na região do Baixo São Francisco em Alagoas e Sergipe.

[7] Caracteriza-se, em geral, por baixa exigência em insumos e pela produção sob o regime de chuvas em vez do uso de irrigação.

dificuldades de acesso ao crédito de produtores do Centro-Oeste; carência de recursos para operações de Aquisição pelo Governo Federal (AGF); e perda do papel de abertura de novas áreas e de formação de pastagem exercido pelo arroz de sequeiro.

O objetivo deste trabalho foi examinar o futuro do cultivo do arroz de terras altas no País. Especificamente, busca-se responder às seguintes questões: quais devem ser a produção e a área colhida do arroz irrigado e de terras altas no Brasil nos próximos cinco anos? O que ocorrerá com o consumo per capita e com o abastecimento interno? Qual é a perspectiva de expansão do cultivo do arroz de terras altas no Brasil? Que municípios poderiam exibir maior crescimento da área colhida com esse sistema de produção nos próximos anos? É provável que algum fator disruptivo altere a perspectiva esperada para o arroz de sequeiro no País? Que implicações o cenário futuro traz para as políticas públicas e para a pesquisa com esse tipo de arroz?

Mercado brasileiro de arroz: situação e perspectivas

A área colhida com o arroz de terras altas no Brasil seguiu acentuada trajetória de queda em 1986–2020, passando de 4,5 milhões de hectares para 382 mil (Figura 1). No mesmo período, a área colhida com arroz irrigado cresceu de 1,1 milhão para 1,3 milhão de hectares. Comportamento similar ocorreu com a quantidade produzida: enquanto a produção de arroz de terras altas caiu 83%, de 5,4 milhões de toneladas em 1986 para 918 mil em 2020, a de arroz irrigado aumentou de 4,4 milhões de toneladas para 10,2 milhões no mesmo período (expansão de 129%) (Embrapa Arroz e Feijão, 2021b). Em termos gerais, a produção de arroz irrigado mais do que compensou a queda experimentada pelo de terras altas no período.

Em 1999–2020, o consumo brasileiro de arroz cresceu levemente até os primeiros anos da década de 2000. Caiu depois e registrou em 2020/2021 um nível 21% menor do que o observado em 2004/2005 e 6% abaixo da média dos últimos dez anos (11.492 toneladas). Essa evolução, juntamente com o aumento da população brasileira, indica que o consumo per capita desse cereal no País vem caindo, especialmente depois da virada do século. (Conab, 2020).

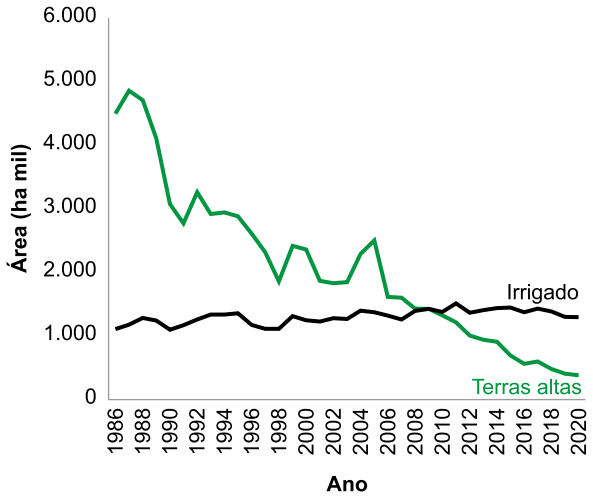


Figura 1. Área colhida com arroz irrigado e de terras altas no Brasil em 1986–2020.

Fonte: Embrapa Arroz e Feijão (2021b).

De acordo com as Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF) referentes a 2008/2009 e 2017/2018 (IBGE, 2011, 2020a), a média de consumo diário per capita de arroz no Brasil caiu de 160,3 g/dia para 131,4 g/dia entre aqueles dois períodos, ou seja, redução de 18%, sendo de 156,2 g/dia para 126,7 g/dia nas áreas urbanas e de 181,2 g/dia para 158,7 g/dia na zona rural.

Além da quantidade consumida, na última década a frequência de consumo de arroz também caiu: de 84% em 2008/2009 para 76,1% em 2017/2018. Entre os fatores que influenciaram essa queda está a renda dos consumidores. Comparando a frequência de consumo de arroz por quartos de rendimento total e a variação patrimonial mensal familiar per capita de 2008/2009 com as de 2017/2018, nota-se que a frequência de consumo caiu em todos os quartos de renda. A queda, porém, foi mais elevada nos dois quartos de renda mais alta. (IBGE, 2020a).

Além do consumo, outro elemento de interesse é a evolução do quadro de suprimento interno de arroz. Nesse caso, além da produção, considera-se também o comportamento das importações, das exportações e dos estoques iniciais e finais. Segundo a Conab (2020), no período de 1999/2000 a 2020/2021 as importações brasileiras de arroz em casca variaram entre 503 mil toneladas e 1,6 milhão de toneladas, estabelecendo como resultado uma trajetória estável ou de leve queda. Já as exportações registraram tendência clara de aumento, passando de 21 mil toneladas em 1999/2000 para 1,1 milhão de toneladas em 2020/2021. Quanto ao consumo real[8], que considera os volumes de produção, de importação e de exportação, bem como os estoques inicial e final, observa-se que a partir de 2004/2005 seu comportamento foi de queda, o que sugere ligeira perda de dinamismo do setor orizícola.

Em relação às perspectivas para os próximos cinco anos, foram feitas projeções para a produção e a área colhida dos dois tipos de arroz (irrigado e de terras altas), bem como para o consumo e a importação nacional do grão[9]. Usou-se para isso um método de previsão não causal formado por modelos de série temporal univariados: Passeio Aleatório ou Random Walk; Statespace; Box & Jenkins – Arima; e Exponential Smoothness. Tais modelos foram identificados e estimados pelo software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA) para as variáveis selecionadas. A seleção do modelo mais adequado baseou-se em testes estatísticos, análise do ajuste do modelo às observações, coerência dos resultados obtidos, potencial de crescimento e consulta a especialistas. Além disso, a abordagem geral seguida incluiu escolher modelos que fornecessem estimativas mais conservadoras e não os que resultaram em taxas de crescimento mais elevadas.

As projeções para as variáveis consideradas neste estudo foram obtidas via séries de tempo unidimensionais[10]. Os dados utilizados para obter as estimativas de produção e área colhida consistiram de 34 observações anuais (1986–2019) organizadas e disponibilizadas pela Embrapa Arroz e Feijão (2021b)[11]. No caso do consumo doméstico e das importações, foram utilizadas séries temporais relativamente mais longas (42 observações, para o período 1978/1979–2019/2020) (Conab, 2020).

Conforme a Tabela 1, estima-se que a área colhida com arroz de terras altas continuará recuando nos próximos anos até alcançar níveis muito baixos a partir de 2023. No caso do arroz irrigado, a projeção indica queda da área em 2020–2023 e, depois disso, expansão até 2026. Como reflexo desse panorama, as projeções apontam para aumento da produção sob o sistema irrigado e redução da produção do arroz de terras altas.

A Tabela 1 mostra também que a soma da produção de arroz desses dois sistemas deverá superar a estimativa de consumo nos próximos cinco anos. As importações por sua vez, seguirão tendência de queda, de aproximadamente 1,0 milhão de toneladas em 2022 para 950 mil toneladas em 2026. Dada a evolução esperada para a área e a produção de arroz irrigado e de terras altas nos próximos cinco anos, bem como da importação desse cereal, o abastecimento interno continuará a ser atendido satisfatoriamente. Da mesma forma como vem ocorrendo ao longo de várias décadas, o arroz irrigado de-

[8] O consumo real é definido pela subtração da variação de estoques (final menos inicial) do consumo aparente, que, por sua vez, é dado pela soma da produção com as importações menos as exportações.

[9] Além da estimativa média prevista, foi calculado também um intervalo de previsão por meio da obtenção de estimativas mínimas e máximas ao redor da estimativa central. O grau de incerteza associado com a projeção aumenta com o tempo e, portanto, o intervalo de previsão se torna mais amplo à medida que se afasta dos anos mais recentes da série de dados utilizados.

[10] Foram feitas tentativas para obter projeções para mais de uma variável simultaneamente; no entanto, não se obteve convergência dos modelos multivariados.

[11] Os dados, cuja fonte original é o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – IBGE, foram organizados em duas séries específicas, arroz irrigado e de terras altas, pela Embrapa Arroz e Feijão (2021b).

Tabela 1. Brasil – projeção da área colhida, da produção, do consumo e da importação de arroz de 2022 a 2026.

Produto	Variável	2019 (observado)	2022	2023	2024	2025	2026
Arroz de terras altas	Área (ha)	405.626	22.990	-	-	-	-
	Produção (t)	989.818	702.944	550.995	411.477	356.152	169.627
Arroz irrigado	Área (ha)	1.298.996	1.366.391	1.353.899	1.370.375	1.374.500	1.378.984
	Produção (t)	9.321.866	10.492.332	10.381.786	10.636.696	10.743.539	10.908.015
Arroz total	**Consumo (t)**	**10.600.000**	**10.492.600**	**10.456.800**	**10.421.000**	**10.385.200**	**10.349.400**
Arroz total	**Importação (t)**	**1.100.000**	**1.035.662**	**1.014.215**	**992.769**	**971.323**	**949.877**

Notas: "-" significa área colhida nula. O grau de incerteza (desvio padrão) associado à projeção aumenta substancialmente com o tempo. Por essa razão, omitiu-se a estimativa do intervalo de previsão que, por causa do valor alto do desvio padrão, perde seu sentido prático.

verá continuar sendo o grande responsável pelo suprimento doméstico desse produto.

Perspectiva da expansão do arroz de terras altas em nível municipal

Como assinalado anteriormente, o arroz de terras altas registrou acentuada tendência de queda da área colhida nas últimas quatro décadas. As estimativas para os próximos anos indicam que esse processo continuará e com intensidade similar. O que deverá ocorrer nos municípios dos estados que adotam predominantemente esse sistema de cultivo? Existem municípios com perspectiva de crescimento da área colhida com arroz de terras altas?

Para abordar essas questões, a metodologia utilizada consistiu, inicialmente, em identificar os estados mais representativos quanto a esse sistema de cultivo. Analisou-se a evolução da área colhida com arroz irrigado e de terras altas nas Unidades da Federação em 1986–2019 e, como resultado, observou-se que Mato Grosso, o Maranhão, o Piauí, o Pará e Rondônia são os estados que mais se destacam no caso do arroz de terras altas. Goiás e o Tocantins faziam parte desse grupo, mas a partir de 2015 (Goiás) e de 2011 (o Tocantins) a área colhida com arroz irrigado nesses estados passou a superar sistematicamente a de terras altas.

Identificados os estados que mais adotam o sistema de terras altas, calculou-se a taxa anual de crescimento da área colhida com este tipo de arroz nos seus municípios[12]. A taxa foi estimada para quatro períodos, 1974–2019, 1990–2019, 2000–2019 e 2010–2019, com base no modelo

$$Y_{it} = \alpha + \beta t + e$$

em que

Y_{it} = área colhida com arroz no município i no ano t

α = coeficiente linear

β = coeficiente angular (taxa de crescimento)

t = ano

e = erro

A fonte dos dados utilizados foi o IBGE (2020b), e a representação linear se fez necessária, em vez da hipótese usual de evolução geométrica, para evitar singularidades na função logarítmica.

[12] A participação da área colhida com arroz de terras altas em relação à área total colhida sob os sistemas irrigado e terras altas em 1986–2019 variou de 96% a 99% em Mato Grosso, de 97% a 99% no Maranhão, de 89% a 95% no Piauí e de 91% a 100% no Pará. No caso de Rondônia, a participação do arroz de terras altas foi de 100% em todos os anos do período. Dadas essas participações, considera-se que as taxas obtidas representam o crescimento da área colhida com arroz de terras altas nos municípios considerados.

A estimação do modelo acima indicou que dos 141 municípios mato-grossenses 42 exibiram taxas anuais de crescimento da área colhida positivas em 1974–2019, ou seja, 30% do total (Tabela 2). Em termos absolutos, o Maranhão e o Piauí foram os estados com o maior número de municípios com taxas positivas; em termos relativos[13], os que mais se destacam são Rondônia e o Maranhão. A Tabela 2 mostra também que nas últimas três décadas o número de municípios que experimentaram taxas de crescimento positiva da área colhida foi substancialmente menor nos cinco estados analisados do que em 1974–2019. Esse resultado confirma que a expansão do cultivo de arroz de terras altas vem perdendo força ao longo dos anos.

Na comparação dos períodos 1974–2019 e 1990–2019, em termos absolutos as maiores reduções no número de municípios com crescimento positivo da área colhida ocorreram no Maranhão (59), no Piauí (46) e em Mato Grosso (36). Mas, considerando o número de municípios em cada estado, as quedas em termos proporcionais mais substanciais entre aqueles dois períodos foram registradas em Rondônia, no Maranhão e em Mato Grosso.

Desagregando o período 1990–2019 em subperíodos, nota-se que a trajetória de queda dos munícipios com taxa de crescimento positiva da área colhida continuou em todos os estados considerados, exceto em Mato Grosso, onde ocorreu uma mudança ascendente marginal em 2010–2019. Como mostra a Tabela 2, a área colhida com o cereal cresceu em seis municípios daquele estado entre 1990 e 2019. Em 2000–2019, a área cresceu em apenas três municípios, mas em 2010–2019 o número aumentou em 11 dos 141 municípios, ou 7,8% do total. Entretanto, cabe assinalar que embora a área com arroz tenha crescido nesses municípios, em quatro deles (Nova Guarita, Nova Monte Verde, Novo Horizonte do Norte e Barra do Bugres) o aumento foi entre níveis relativamente baixos (pouco significativo), ou seja, a área cultivada em cada um deles partiu de bases baixas e não chegou a ultrapassar 500 hectares em 2010 e 1.500 hectares em 2019.

No Maranhão e no Piauí, o número de municípios com crescimento positivo da área colhida caiu, respectivamente, de 24 e 19 em 1990–2019 para três em 2000–2019 em ambos os estados. Em 2010-2019, só um município no Maranhão (São Mateus do Maranhão) registrou expansão da área arrozeira colhida. No Piauí, nenhum município exibiu taxa de crescimento positiva na última década. Situações de queda também foram registradas em 2000–2019 e 2010–2019 nos municípios do Pará e de Rondônia.

Dadas as taxas anuais de crescimento obtidas para 2010–2019, estima-se que um número relativamente pequeno de municípios, menos

Tabela 2. Brasil – municípios com taxas anuais de crescimento positivas para a área colhida com arroz de terras altas em períodos selecionados.

Estado	Número de municípios	Número de municípios com taxas de crescimento positivas			
		1974 a 2019	1990 a 2019	2000 a 2019	2010 a 2019
Mato Grosso	141	42	6	3	11
Maranhão	217	83	24	3	1
Piauí	224	65	19	3	0
Pará	143	34	11	9	6
Rondônia	52	23	6	6	4

[13] Comparado com o número de municípios do estado.

de 3% do total[14], nos principais estados onde predomina o cultivo de arroz de terras altas, apresenta perspectiva de expansão da atividade (Tabela 3). Aparentemente, essa perspectiva é mais favorável em municípios de Mato Grosso do que do Pará, de Rondônia, do Maranhão e do Piauí. Os municípios mato-grossenses de Juara, Guarantã do Norte, Peixoto de Azevedo e Marcelândia, juntamente com Porto Velho, RO, Cachoeira do Arari, PA, e São Mateus, MA, registraram taxas anuais de crescimento mais elevadas em 2010–2019 do que as observadas nos municípios dos demais estados líderes no cultivo de arroz de terras altas.

Tabela 3. Brasil – municípios com as maiores taxas anuais de crescimento para a área colhida nos estados mais representativos do sistema de cultivo de arroz de terras altas em 2010–2019.

Município	Taxa (ha/ano)
Juara, MT	813,03
Guarantã do Norte, MT	457,58
Peixoto de Azevedo, MT	450,61
Marcelândia, MT	429,70
Nova Santa Helena, MT	382,67
Sorriso, MT	377,58
Terra Nova do Norte, MT	234,42
Nova Monte Verde, MT	224,18
Nova Guarita, MT	164,70
Novo Horizonte do Norte, MT	147,33
Barra do Bugres, MT	60,34
São Mateus do Maranhão, MA	488,56
Cachoeira do Arari, PA	542,42
Salvaterra, PA	153,94
Cametá, PA	29,33
São Caetano de Odivelas, PA	7,27
Irituia, PA	2,13
Inhangapi, PA	0,29
Porto Velho, RO	1.304,27
São Miguel do Guaporé, RO	388,08
Alto Paraíso, RO	127,96
Nova Mamoré, RO	121,03

Possibilidade de mudanças disruptivas da trajetória prevista

As análises anteriores indicam que a presença do arroz de terras altas nos campos brasileiros deve continuar caindo nos próximos anos. Alguns fatores podem modificar a trajetória prevista, mas os casos aqui considerados sugerem que é pouco provável que isso ocorra.

Maior uso de sistemas de produção em consórcio arroz-pastagem

O sistema de produção em consórcio arroz-pastagem é utilizado no Brasil desde o fim da década de 1980 quando foi criado o "sistema barreirão" (Kluthcouski et al., 1991)[15]. A expansão do seu uso poderia contribuir favoravelmente para a reversão do panorama de queda do arroz de terras altas no País. Para tanto, um dos desafios é a superação dos principais problemas de desempenho do sistema, entre eles, a ocorrência de plantas daninhas (Castro et al., 2018). Outro fator é uma maior utilização da área de pastagem degradada com esse sistema. A realidade observada indica, entretanto, que, apesar dos avanços alcançados com respeito a esses dois elementos, as mudanças ocorridas são relativamente pequenas.

A partir de março de 2018, a possibilidade de uso da tecnologia Clearfield (CL) nas lavouras brasileiras de arroz trouxe uma ferramenta importante para enfrentar a ocorrência de plantas daninhas. Naquela oportunidade, a Embrapa lançou a primeira cultivar de terras altas no Brasil com resistência ao herbicida de amplo espectro Kifix®, a BRS A501 CL. Ela é indicada para sistemas de plantio direto na palha e recomendada para cultivo em áreas afetadas por plantas

[14] Aproximadamente 22 de um total de 777.

[15] O sistema é caracterizado pelo consórcio de forrageiras com culturas anuais.

daninhas com resistência a outros herbicidas (Carvalho et al., 2020).

Além dessa qualidade, a produtividade média da cultivar é de aproximadamente 4.000 kg/ha, podendo atingir o dobro disso (Castro et al., 2018), e ela possui elevado rendimento de grãos inteiros (65%) da classe longo fino, preferida pelo mercado, e se distingue por ser uma opção adaptada e rentável no consórcio com forrageiras[16].

O processo de difusão da BRS A501 CL incluiu o plantio de uma área de 377 hectares na safra 2018/2019 como campos de sementes de alta qualidade (semente genética, básica, C1, C2, S1 e S2). Nas duas safras seguintes, a área explorada com campos de sementes da cultivar foi de 727 hectares e 200 hectares, respectivamente[17]. A maior proporção dos 1.304 hectares cultivados como campos de sementes com essa cultivar nas três safras ocorreu em Mato Grosso, 66% do total.

A Agro Norte Pesquisa e Sementes Ltda. também gerou e colocou no mercado uma cultivar de arroz de terras altas com resistência ao herbicida Kifix®, a AN 9005 CL, que inclui a tecnologia Clearfield e possui características similares às da BRS A501 CL. Os primeiros campos de semente da cultivar AN 9005 CL foram estabelecidos na safra 2018/2019. Naquela oportunidade, foram plantados 1.776 hectares. Nas safras 2019/2020 e 2020/2021, as áreas foram de 2.798 ha e 5.491 ha, respectivamente (Brasil, 2021a). Da mesma forma que no caso da BRS A501 CL, o plantio da maior parte dos campos de semente da AN 9005 CL ocorreu em Mato Grosso.

Apesar das qualidades das cultivares BRS A501 CL e AN 9005 CL, elas não constituem um *breakthrough* tecnológico, pois não trouxeram mudanças decisivas ao cultivo de arroz de terras altas no País. Uma evidência disso é a continuidade da tendência de queda da área colhida com esse tipo de arroz em 2019–2021 em grandes estados produtores, como Mato Grosso, e nacionalmente.

De acordo com Ferreira Júnior (2020), em 2018 a área ocupada com pastagem no Brasil totalizou 170,7 milhões de hectares[18], 57% dos quais com algum grau de degradação. Esses dados sugerem que, em termos de área de pastagem com necessidade de recuperação, há um grande potencial para ser explorado no País com o plantio em consórcio arroz de terras altas-forrageiras.

Embora não existam dados disponíveis sobre a área cultivada em consórcio arroz-pastagem no Brasil, informações aproximadas obtidas nas superintendências regionais da Conab indicam que a área é relativamente pequena. Em Mato Grosso, maior produtor de arroz de terras altas, foi de 20% em 2021 a participação desse sistema em relação aos demais sistemas de plantio adotados no estado (informação verbal)[19]. Desse modo, é grande o esforço requerido para que o sistema em consórcio arroz-pastagem se torne expressivo e, consequentemente, contribua para reverter a tendência de queda do arroz de terras altas.

Além de essas cultivares CL não constituírem *breakthrough* tecnológico, outro desafio à expansão significativa do consórcio arroz-pastagem é que outras culturas, como a soja e o milho, encontram melhores facilidades de financiamento, armazenagem e comercialização do que o arroz de terras altas, além de possuírem maior importância econômica. Consequentemente, devem continuar sendo usadas prioritariamente nos sistemas de consórcio com pastagem.

[16] Ela pode ser utilizada tanto na renovação de pastagem quanto no plantio consorciado com cultivares forrageiras de panicum e braquiária.

[17] Dados do Sistema de Gestão da Fiscalização, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2021a).

[18] Segundo Ferreira Júnior (2020, p.9), "Estas áreas correspondem à contagem dos pixels das imagens Landsat mapeados como pastagem. [...] quando corrigidas por métodos estatísticos [...] totalizam [...] cerca de [...] 183 milhões de hectares".

[19] Informação obtida por consulta realizada pelos autores na Superintendência Regional da Conab em Mato Grosso, em abril de 2021.

Consolidação do arroz de terras altas como opção de cultivo em sistemas de produção em rotação/sucessão em áreas sob agricultura intensiva

Outro fator que poderia favorecer a expansão do arroz de terras altas no País é a consolidação do seu uso em sistemas de produção em rotação ou sucessão em ambientes de elevada tecnologia, ou seja, em áreas sob agricultura intensiva (terras velhas). Da mesma forma que no caso do consórcio arroz-pastagem, essa possibilidade é limitada por vários elementos, inclusive por importantes problemas agronômicos: acamamento das plantas; baixa estabilidade de rendimento de grãos inteiros; deficiência hídrica; falta de adaptação ao plantio direto; ocorrência de insetos-praga, doenças, plantas daninhas e nematoides; e carência de cultivares precoces (adaptação à safrinha) com elevado potencial produtivo e alta qualidade física e visual de grãos[20]. Esses e outros obstáculos podem ser enfrentados com diversas tecnologias, entre elas, as incorporadas em cultivares com excelentes atributos genéticos, mas não há evidências de que isso esteja ocorrendo de forma significativa.

Em Mato Grosso, principal produtor de sementes de arroz de terras altas no País[21], a área dedicada à produção de sementes das quatro cultivares de arroz de terras altas mais tradicionais para sistemas em rotação ou sucessão (AN Cambara, BRS Esmeralda, BRS Sertaneja e AN 5015) seguiu uma trajetória de queda em 2013–2020, de 13.264 ha na safra 2013/2014 para 5.065 ha em 2020/2021 (Tabela 4).

Paralelamente a esse recuo, a área de campos de sementes com as principais cultivares lançadas mais recentemente para sistemas de

Tabela 4. Mato Grosso – área plantada (ha) com as principais cultivares de arroz de terras altas para a produção de sementes de qualidade em 2013–2020.

Variedade	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
AN Cambara	10.742	7.609	6.401	7.618	6.170	4.499	2.866	4.014
BRS Sertaneja	1.362	1.252	594	662	222	105	72	
BRS Esmeralda	1.160	1.962	2.282	1.721	1.555	1.042	805	1.051
AN 5015	1.045	454	881	1.247	600	345	307	1
AN 8001	2	184	1.466		100	156	1.233	3.063
AN 6005		70	3.210	3.609	4.916	1.372	595	1.611
BRS Serra Dourada			25	95	130	110	64	37
AN 9005 CL					20	1.826	2.516	5.394
BRS A501 CL					194	377	485	
Total	**14.311**	**11.531**	**14.859**	**14.953**	**13.907**	**9.832**	**8.943**	**15.170**

Fonte: Brasil (2021a).

[20] Similar à qualidade de grãos premium e baixa ocorrência de grãos com grau de gessado, elevado rendimento de grãos inteiros e pouca pegajosidade.

[21] Entre as safras 2013/2014 e 2020/2021, a área com campos de sementes desse cereal em Mato Grosso respondeu por 95% da área de campos de semente de arroz em Goiás, no Tocantins, no Maranhão e em Mato Grosso (Brasil, 2021a).

produção em rotação/sucessão (AN 8001, AN 9005 CL, AN 6005 e BRS A501 CL) seguiu uma trajetória crescente, passando de dois hectares para 10.067 hectares no mesmo período. Tal evolução, porém, não foi suficiente para compensar a queda da área de campos de semente colhida com cultivares de arroz de terras altas mais tradicionais. Como resultado, a área com campos de semente das nove principais cultivares de arroz de terras altas em Mato Grosso registrou tendência de queda entre as safras de 2013/2014 e 2019/2020, de 14.311 ha para 8.943 ha. Em 2020/2021, a área colhida com as nove principais cultivares experimentou um salto e alcançou um nível similar ao observado em 2016/2017, aproximadamente 15.000 ha.

Segundo a Embrapa Arroz e Feijão (2021a), a disponibilização no mercado da cultivar BRS A502, em 2020, contribui para combater parte dos problemas agronômicos enfrentados pela lavoura. Consequentemente, pode favorecer o surgimento de uma tendência de expansão do cultivo de arroz de terras altas no País, conforme sugerem observações pontuais em alguns municípios, como Rio Verde, GO, Unaí, MG, Paracatu, MG e Sinop, MT[22].

Indicada para sistemas em rotação/sucessão em áreas sob agricultura intensiva, a cultivar traz vários benefícios para produtores, consumidores, indústrias e meio ambiente. É tolerante ao acamamento e apta para uso em sistema de plantio direto e em semeadura convencional. Possui ciclo menor do que o do milho (até 110 dias contra 125-130 dias), o que permite uma janela maior de colheita ao produtor e favorece o plantio de uma terceira safra, como o feijão.

Para a indústria e os consumidores, as principais vantagens da BRS A502 incluem o alto rendimento percentual de grãos inteiros (65% a 68%) do tipo longo fino; a aparência translúcida com baixa intensidade de grãos gessados; a massa do grão de alta qualidade; e atributos culinários (grãos soltos e macios após a cocção) similares a cultivares de arroz irrigado de padrões de qualidade reconhecidos e valorizados (Furtini et al., 2020).

O uso da BRS A502 em lavouras comerciais tem alcançado níveis elevados de produtividade (de 6.000 kg/ha a 6.900 kg/ha, com potencial produtivo de 9.000 kg/ha), apresentado baixo custo de produção (R$ 2.500 a R$ 3.500 por hectare) e resultado em elevado ganho financeiro líquido (cerca de R$ 8.000 por hectare)[23]. Entretanto, a área de campos de semente colhida com essa variedade no País é relativamente pequena; cresceu de 175 ha na safra 2019/2020 para 631 ha em 2020/2021 (Brasil, 2021a).

Apesar das qualidades da BRS A502, e de outras cultivares importantes, a evolução da área dos campos de semente cultivados com as principais cultivares registrou trajetória de queda nas oito últimas safras (Tabela 4). Dessa forma, não se observa aumento do uso de tecnologias presentes nas cultivares disponíveis. Além disso, não há indicações de que a BRS A502 constituirá um *breakthrough* tecnológico.

De acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Brasil, 2021c), o plantio do arroz de terras altas em solos tipos 1 (arenoso) e 2 (textura média) é pouco recomendável em boa parte de Mato Grosso, Goiás e do Tocantins a partir de meados de fevereiro, a menos que o produtor possua infraestrutura de pivô central ou que o local não tenha risco de estresse térmico. Dada essa orientação, a janela para o plantio do arroz de terras altas em sistemas de produção em rotação/sucessão sem irrigação é pequena. Isso dificulta a consolidação do arroz de terras altas como opção de cultivo em sistemas de produção em rotação/sucessão em áreas de terra velha.

[22] Segundo a Embrapa Arroz e Feijão (2021a), boa parte das lavouras tem sido cultivada por empresas sementeiras e sob irrigação por pivô central.

[23] Os valores não resultam de análises de custo de produção com abordagem sistêmica (rotação/sucessão de culturas); são informações fornecidas por alguns produtores à Embrapa Arroz e Feijão.

Cultivo do arroz de terras altas sob pivô central

Um terceiro fator que poderia contribuir para a retomada de crescimento do arroz de terras altas no Brasil é a expansão do cultivo desse cereal sob pivô central. De acordo com a Embrapa Arroz e Feijão, em estabelecimentos de Rio Verde, GO, Unaí, MG, e Água Boa, MT, entre outros, esse sistema tem apresentado, na produção de arroz, resultados expressivos em termos agronômicos, produtivos, industriais e econômicos, o que pode levar a um crescimento dessa prática nos próximos anos (informação verbal)[24]. Essa possibilidade é real, mas o desafio é grande.

Como mostra a Tabela 5, em termos de área irrigada o potencial a ser explorado é substancial. Em 2000–2019, a área com infraestrutura para atividades agrícolas sob pivô central no Brasil cresceu aproximadamente 217%, passando de 490.466 ha para 1.556.205 ha. As projeções para 2040 indicam crescimento significativo (135%).

Em 2019, Minas Gerais e Goiás, responderam por 48% da área sob pivô do País (ANA, 2021). Nesses dois estados, em termos de infraestrutura, a possibilidade de expansão do cultivo do arroz via irrigação por pivô é elevada, especialmente nos municípios de Paracatu, Unaí, Cristalina e Jussara. Neles, em 2019, a área equipada com irrigação por pivô foi, respectivamente, de 72.491 ha, 66.980 ha, 59.285 ha e 12.929 ha. As projeções da Agência Nacional de Águas para 2040 indicam área de 135.195 ha em Paracatu, 117.346 ha em Unaí, 94.530 ha em Cristalina e 22.763 ha em Jussara. (ANA, 2021).

Apesar da grande área com pivô no País, o caminho a ser percorrido para o uso expressivo com arroz é árduo. A irrigação sob pivô central é realidade há muitos anos no Brasil, mas o arroz não faz parte de forma significativa da situação observada. Atualmente, as quatro principais culturas anuais plantadas sob pivô no País são a soja, o milho, o feijão e o algodão (ANA, 2021). No caso do polo nacional de agricultura irrigada Paracatu/Entre Ribeiros, onde estão situados os municípios de Unaí e Paracatu, as principais culturas irrigadas sob pivô em 2019 foram o milho, o feijão e a cana-de-açúcar; a soja e o algodão também foram cultivados sob esse sistema, mas de forma menos expressiva (ANA, 2020). Em Mato Grosso, a opção pelo cultivo do arroz sob pivô é baixa (informação verbal)[25].

Segundo a ANA (2021), os padrões mais comuns de rotação sob pivô no País são: soja (1ª safra de verão), seguida de safrinha com milho (2ª safra); soja, seguida de safrinha com milho e

Tabela 5. Brasil – principais estados com área irrigada (ha) sob pivô central em 1990–2040.

Estado	1990	2000	2010	2019	2040
Minas Gerais	53.871	164.067	266.668	478.619	1.004.894
Goiás	14.007	105.762	173.643	271.911	553.803
São Paulo	24.384	68.344	105.080	216.524	494.540
Bahia	9.619	76.880	132.304	215.476	492.917
Rio Grande do Sul	-	17.776	53.402	133.865	436.382
Mato Grosso	1.565	13.286	41.909	125.449	442.654
Sub Total	103.446	446.115	773.006	1.441.843	3.425.190
Brasil	**122.487**	**490.466**	**850.778**	**1.556.205**	**3.654.420**

Fonte: ANA (2021).

[24] Informação obtida por meio de discussões com pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão e através da atividade *Capacitação em arroz de terras altas para ambientes de alta tecnologia*, realizada no segundo semestre de 2021.

[25] Informação fornecida pela Superintendência Regional da Conab no estado.

3ª safra de feijão; 1ª safra (milho ou soja), seguida de safra de longo período (algodão - 180 dias)[26]. Dessa maneira, como se pode observar, é grande a distância entre a realidade e o aproveitamento da infraestrutura operante de pivô central com o cultivo do arroz de terras altas. Um elemento que poderia reduzir essa distância é a ocorrência de *breaktroughs* tecnológicos.

Breaktroughs tecnológicos

O arroz de terras altas enfrenta desafios agronômicos que dificultam um melhor desempenho produtivo e econômico da lavoura. *Breaktroughs* tecnológicos podem alterar essa situação e, ao despertar maior interesse dos produtores pelo cultivo, modificar a perspectiva negativa de crescimento da atividade no País. Um fator *sine qua non* para que isso ocorra é a realização de atividades de pesquisa que resultem em inovações de grande impacto.

Para atacar problemas que afetam essa cultura, a Embrapa, principal instituição pública de pesquisa agropecuária brasileira, vem executando vários projetos de pesquisa ao longo dos anos. De acordo com levantamento feito na base de dados da Empresa (Embrapa, 2021), em 2010–2022 foram executados[27] 6.254 projetos, sendo 79 com pesquisas que incluíram[28] o arroz de terras altas[29]. Conforme a Tabela 6, o número de projetos de pesquisa executados anualmente com esse cultivo cresceu em 2010–2014 e, posteriormente, seguiu trajetória de queda, totalizando 11 projetos em 2021. A carteira geral de projetos da Embrapa mostrou comportamento similar: pico de 1.708 projetos em execução em 2014 e queda nos anos seguintes. Como resultado dessa evolução, a participação anual dos projetos de pesquisa em execução com arroz de terras altas na carteira da Embrapa aumentou até 2014 e depois caiu, até alcançar 0,8% em 2021. Em outras palavras, os projetos de pesquisa pública com esse cultivo recuaram nos últimos sete anos.

Tabela 6. Embrapa – número de projetos de pesquisa em execução: arroz de terras altas e carteira geral de projetos em 2010–2021.

Ano	Arroz de terras altas	Carteira de projetos	Participação arroz de terras altas na carteira de projetos (%)
2010	21	1.613	1,30
2011	26	1.624	1,60
2012	29	1.581	1,83
2013	29	1.500	1,93
2014	37	1.708	2,17
2015	27	1.697	1,59
2016	25	1.655	1,57
2017	25	1.581	1,77
2018	20	1.478	1,35
2019	13	1.425	1,40
2020	10	1.340	0,90
2021	11	1.412	0,78

Fonte: Embrapa (2021).

Os recursos[30] financeiros solicitados anualmente para a execução dos projetos de pesquisa da Embrapa com arroz de terras altas aumen-

[26] Há ainda 8% da área de pivôs ocupada com culturas (semi) perenes, em especial com café e cana-de-açúcar.

[27] Os projetos de pesquisa possuem diferentes datas de início e término e podem ser executados durante mais de um ano. Dado esse fato, o número de projetos em execução em um determinado ano é definido pelos projetos iniciados naquele ano mais os começados anteriormente e que continuaram sendo executados no período em consideração.

[28] Alguns projetos foram dedicados exclusivamente ao arroz de terras altas, enquanto outros abordaram problemas de pesquisa associados a essa e a outras culturas.

[29] O processo consistiu em identificar na base de dados da Embrapa (2021) os projetos que exibiam em algum dos campos (título, resumo, objetivo geral, objetivos específicos e atividades, por exemplo) as palavras-chave "arroz de terras altas" ou "arroz de sequeiro". Para isso, utilizou-se o sistema Business Intelligence (BI).

[30] Os valores compreendem recursos de custeio e de investimento. A fonte desses recursos é o Tesouro Nacional. Historicamente, essa é a principal fonte de financiamento dos projetos da Embrapa. Em 2010–2020, a participação do Tesouro Nacional no valor total dos recursos alocados pela Empresa para a execução de projetos com arroz de terras altas esteve entre 64% e 91%.

taram em termos reais[31] entre 2010 e 2012, de R$ 10,3 milhões para R$ 11,4 milhões (Embrapa, 2021). Registraram, posteriormente, tendência acentuada de queda, alcançando R$ 1,5 milhão em 2021. Em comparação com os valores anuais solicitados para a execução da carteira geral de projetos da Empresa, a participação dos recursos para pesquisas com arroz de terras altas caiu em 2010–2021, de 5,5% para 1,6%.

Dos 11 projetos de 2021, três foram concluídos naquele ano e oito permanecem em execução. Os resultados desses projetos, tanto os alcançados quanto os esperados, são de grande relevância para o melhor desempenho do arroz de terras altas no Brasil, mas nada indica que eles podem ser considerados *breaktroughs* tecnológicos, como ocorreu com a geração de cultivares de soja adaptadas às condições do Cerrado.

Entre os resultados esperados, pode-se destacar a disponibilização de duas cultivares (BRS A503 e a BRS 504 CL) com maior tolerância ao acamamento, resistência a herbicidas, precocidade, elevado potencial produtivo e excelente qualidade industrial e culinária de grãos[32]. Outros resultados incluem: arroz germinado obtido por processos que incrementam a produção de fitoquímicos; bebidas e produtos panificáveis desenvolvidos com base nesse tipo de arroz; plantas de cobertura identificadas para serem usadas em rotação com a soja e o arroz no verão na mesma área; arranjos agrícolas e práticas agronômicas para aumento da taxa de sequestro de carbono orgânico no solo e elevação da produtividade de grãos em sistemas integrados de produção e plantio direto na palha no Cerrado; e recomendação de manejo de arroz de terras altas em sistema integrado de produção lavoura-pecuária com alta eficiência de uso de nitrogênio.

Aparentemente, esses resultados, e outros não mencionados, têm baixo potencial para quebrar barreiras ou trazer saltos qualitativos para o arroz de terras altas no Brasil, ou seja, dificilmente constituirão *breaktroughs*. De modo geral, eles estão associados a problemas ou desafios tecnológicos cujas soluções produzem menor impacto relativo sobre o desempenho do cultivo. Uma possível exceção pode ser a introdução das cultivares BRS A503 e BRS 504 CL. Elas substituirão, respectivamente, suas antecessoras BRS A502 e BRS A501 CL e, portanto, possuem melhores atributos genéticos, que podem atrair produtores para o arroz de sequeiro.

Além da perspectiva acima quanto à pequena possibilidade das próximas tecnologias produzirem *breaktroughs*, cabe assinalar que, como indicado anteriormente, o número de projetos de pesquisa executados pela Embrapa com o arroz de terras altas e o volume de recursos financeiros para sua execução vêm caindo desde meados da última década. Dessa forma, é menos provável a ocorrência de *breaktroughs* tecnológicos nos próximos anos.

Participação ampliada no mercado internacional

A ampliação da participação do Brasil no comércio internacional de arroz de terras altas também poderia propiciar uma dinâmica de crescimento do cultivo no País, mas é pouco provável que isso ocorra.

O mercado externo do arroz é pequeno comparado com o de outros produtos. Na safra 2020/2021, apenas 9,4% da produção mundial do cereal foi comercializada internacionalmente; já a participação das vendas mundiais de milho, trigo e soja nos respectivos volumes de produção desses produtos no mesmo período foi bem mais expressiva: 16,5%, 24,3% e 45%, respectivamente (FAO, 2021a). Além de pequeno, o mercado internacional de arroz caracteriza-se

[31] Os valores estão expressos em reais de 2021, corrigidos pelo IGP-DI, da FGV.

[32] Essas cultivares já foram testadas no campo e inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC/Mapa) e no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do Mapa; dessa forma, estão prontas para ser introduzidas no mercado.

pela concentração da produção e do comércio global na Ásia[33] (Tabela 7).

As exportações brasileiras de arroz são pouco significativas em termos globais (Tabela 7). Em 2020, seus principais mercados de destino foram Venezuela, Senegal, Peru, Costa Rica e México. Em conjunto, esses países responderam por 54% do total exportado pelo Brasil naquele ano (ITC, 2021). Agregando a esse grupo as vendas externas de arroz a outros cinco países – Gâmbia, Serra Leoa, Estados Unidos, Cuba e África do Sul –, em 2020, obtém-se o conjunto de mercados que absorveu 81% das exportações orizícolas do Brasil naquele ano (ITC, 2021).

Nas exportações brasileiras dos diversos tipos de arroz a esses dez países, observa-se que em 2020 as vendas externas de arroz em casca se destacaram, respondendo por 36% do total exportado (ITC, 2021). As exportações de arroz semibranqueado ou branqueado ocupam

Tabela 7. Arroz – produção, importação e exportação médias (t milhão) para 2017–2019.

Região/país	Produção		Importação		Exportação	
	2017–2019	2020[(1)]	2017–2019	2020[(1)]	2017–2019	2020[(1)]
Ásia	**452,8**	**460,2**	**21,5**	**18,6**	**39,1**	**37,3**
China	146,2	146,4	5,2	3,6	2,0	2,5
Índia	116,1	123,0	-	-	11,5	14,5
Filipinas	12,4	12,9	2,1	2,5	-	-
Malásia	1,6	1,5	1,1	1,2	-	0,1
Arábia Saudita	-	-	1,2	1,5	-	-
Tailândia	20,7	20,1	0,3	0,4	10,1	5,7
Vietnã	28,2	27,7	0,6	0,6	6,8	6,5
Iran	2,3	2,5	1,4	1,0	-	-
África	**23,2**	**25,3**	**16,6**	**16,2**	**0,6**	**0,4**
Costa do Marfim	1,2	1,0	1,6	1,3	-	-
Nigéria	4,9	4,9	2,5	2,0	-	-
Senegal	0,8	0,9	1,3	1,2	-	-
África do Sul	-	-	0,9	0,9	-	-
América do Sul	**16,8**	**16,8**	**1,9**	**2,2**	**3,4**	**4,1**
Brasil	7,9	7,6	0,7	0,9	0,9	1,2
Uruguai	0,9	0,8	-	-	0,9	1,0
América do Norte	**6,2**	**7,2**	**1,3**	**1,7**	**3,1**	**2,9**
Estados Unidos	6,2	7,2	0,9	1,2	3,1	2,9
Europa	**2,5**	**2,5**	**2,6**	**3,2**	**0,5**	**0,7**
União Europeia	1,7	1,7	2,0	2,0	0,3	0,5
Oceania	**0,4**	**-**	**0,7**	**0,8**	**0,2**	**-**
Mundo	**503,7**	**514,0**			**47,1**	**45,4**

[(1)] Estimativa.

Fonte: FAO (2021b).

[33] Em 2017–2019, aproximadamente 90% da produção média mundial de arroz ocorreu na Ásia. No mesmo período, o continente asiático também foi responsável por 83% da exportação média e por 46% da importação média globais. (FAO, 2021b).

o segundo lugar, ou seja, com 33% do total. Esse quadro difere um pouco do observado naquele mesmo ano em nível mundial: aproximadamente 72% da importação global do cereal correspondeu ao arroz semibranqueado ou branqueado. O segundo tipo de produto mais importado naquele ano foi o arroz quebrado, com 14% do total. (ITC, 2021).

Quanto à perspectiva futura do mercado mundial de arroz, estimativas recentes da FAO indicam que a produção orizícola global crescerá 11,4% em relação à média de 2018–2020, alcançando 567,3 milhões de toneladas em 2030. Aproximadamente 90% da expansão prevista deverá ocorrer na Ásia, especialmente na Índia, na China, no Vietnã e na Tailândia[34]. Como resultado, a produção mundial do cereal em 2030 continuará concentrada nesses países e na Indonésia (68% da produção global). (OECD-FAO..., 2021).

O consumo global de arroz também crescerá nos próximos dez anos, mas a uma taxa anual (0,9%) menor do que a observada na última década (1,1%)[35]. Já o consumo per capita mundial deverá permanecer, em 2030, em torno de 55 kg/hab./ano, quantidade observada em 2018–2020, e o preço internacional seguirá tendência de queda até o fim da década. Estima-se que a África se destacará entre os continentes e apresentará a maior expansão do consumo per capita de arroz nos próximos dez anos, de 27,4 kg/hab./ano em 2018-2020 para 31,5 kg/hab./ano em 2030. (OECD-FAO..., 2021).

Com tais projeções, a FAO estima que o comércio internacional do cereal na próxima década crescerá a uma taxa anual maior do que a observada nos últimos dez anos, 2,6% contra 1,5%. Como resultado, as exportações globais de arroz deverão crescer de 45,9 milhões de toneladas em 2018–2020 para 62 milhões em 2030. Para a FAO, em 2030 os cinco maiores exportadores serão Índia (28%), Vietnã (15%), Tailândia (14%), Paquistão (8%) e os Estados Unidos (5%), mantendo assim a predominância asiática nas vendas externas. (OECD-FAO..., 2021).

No caso das importações, as projeções indicam que, em 2030, China, Nigéria, Filipinas, Iran e União Europeia serão os principais compradores mundiais de arroz (FAO, 2021). No decorrer do período 2021–2030, a Nigéria expandirá suas compras externas, tornando-se o maior importador global do cereal, no lugar da China. O mesmo ocorrerá com o continente africano, que se tornará o maior mercado importador de arroz. Em 2030, especificamente, a África responderá por 50% das importações mundiais, e a Ásia, segundo maior, 32%. (OECD-FAO..., 2021).

Além da Nigéria, três outros países africanos – África do Sul, Etiópia e Egito – deverão oferecer boas oportunidades para exportadores do cereal[36].

O Brasil não é um exportador tradicional de arroz. Em 2015–2019, sua participação nas exportações mundiais variou de 1,3% a 3,4% (ITC, 2021). As perspectivas para os próximos anos indicam que as exportações brasileiras seguirão em queda, de 1,1 milhão de toneladas em 2021 para 995 mil toneladas em 2030 (OECD-FAO..., 2021).

Em síntese, embora exista potencial para ampliação das vendas externas brasileiras de arroz, o desafio é grande, especialmente no caso do arroz de terras altas, cujas produção e área plantada vêm seguindo uma trajetória de queda.

Parceria entre agentes da cadeia orizícola

A expansão do arroz de terras altas no País enfrenta vários entraves, e parte deles pode

[34] Esses quatro países, juntos, deverão responder por 63% do aumento estimado para o período.

[35] Em 2030, China (27%), Índia (21%), Indonésia (6%), Vietnã (4%) e Filipinas (3%) serão os principais consumidores, confirmando assim a concentração do consumo na Ásia (OECD-FAO..., 2021).

[36] Segundo a FAO (OECD-FAO..., 2021), em 2030 as importações desses países deverão alcançar, respectivamente, 1.171 milhões, 1.168 milhões e 882 milhões de toneladas.

ser superada por iniciativas que favoreçam uma estreita parceria entre os agentes da cadeia. As experiências a seguir corroboram a viabilidade operacional dessa estratégia e ao mesmo tempo mostram que, apesar de importantes, elas não foram capazes de impactar substancialmente a área colhida e o nível de produção do arroz de sequeiro nos principais estados onde foram executadas.

Em 2006–2011, a Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (Empaer-MT), o Sindicato das Indústrias da Alimentação da Região Sul de Mato Grosso (Siar-Sul), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae-MT), a Embrapa Arroz e Feijão, o Sindicato Intermunicipal das Indústrias da Alimentação do Estado do Mato Grosso (Siamt) e o Sindicato Estadual das Indústrias de Arroz no Estado de Mato Grosso (Sindarroz-MT) conduziram um conjunto de atividades com o propósito de superar graves problemas vividos pelo setor, entre eles, a crise de ociosidade enfrentada pelas indústrias arrozeiras do sul de Mato Grosso, que causou a falência de várias empresas[37]. A iniciativa, desenvolvida a partir de diligências feitas pelas indústrias de arroz[38], contou com a participação de produtores, empresas arrozeiras, prefeituras e outras instituições.

Os objetivos do esforço incluíram:

> [...] estimular os orizicultores a ofertar matéria-prima, [para a indústria arrozeira] [...] com constância em termos de qualidade e quantidade; [...] organizar e estimular os diferentes atores a promoverem [de forma conjunta,] mudanças de manejo e [de] práticas ao longo da cadeia produtiva do arroz [em Mato Grosso] para torná-la sustentável e, consequentemente, competitiva; [...] [e] [fortalecer os] elos entre a indústria arrozeira, os orizicultores e o mercado varejista [...] (Ferreira et al., 2015, p.76-78).

Dadas essas metas, os elementos centrais que guiaram a execução do projeto compreenderam a adoção da teoria da ação coletiva; a compreensão da necessidade de resolver os problemas de forma conjunta; e a sensibilização e o envolvimento dos atores da cadeia para atuarem de forma alinhada de modo a se alcançar a consolidação do agronegócio do arroz de terras altas em Mato Grosso.

Em termos gerais, os resultados foram positivos: adoção de novas tecnologias e, consequentemente, melhoria da qualidade dos grãos comercializados; redução da ociosidade da indústria arrozeira mato-grossense; criação do logotipo do arroz de Mato Grosso; e comprovação de que é possível superar a desconfiança em parcerias e alcançar resultados concretos realizando atividades em conjunto, entre outros (Ferreira et al., 2015).

Tal experiência serviu de referência para outra iniciativa similar, a Rede Brasil Arroz. Estabelecida pela Embrapa Arroz e Feijão, a Rede operou de 2011 a 2014, com o objetivo geral de

> [...] realizar alianças estratégicas com instituições públicas e privadas e organizações representativas de segmentos da cadeia produtiva do arroz para consolidar uma rede de transferência de tecnologia para a orizicultura nacional (Ferreira, 2014b, p.47).

Além da abrangência geográfica mais ampla[39], a Rede Brasil Arroz trabalhou tanto com o arroz de terras altas quanto com o irrigado. Da mesma forma que a inciativa mencionada anteriormente, ela adotou o conceito de ação coletiva como principal elemento orientador de suas atividades. De acordo com Ferreira (2014a, p.15), os resultados mais expressivos da Rede compreenderam o

[37] Em 2006, as indústrias operaram, no máximo, com 50% de sua capacidade.

[38] O setor produtivo mato-grossense estava empenhado na produção de soja e, portanto, não via necessidade de iniciar um processo de transformações ligadas ao cultivo de arroz de terras altas.

[39] A Rede operou nos seguintes estados: Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Alagoas, Santa Catarina, Paraíba, Rio Grande do Sul, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Pernambuco, além do Distrito Federal.

> [...] aumento do interesse pela orizicultura, a valorização social, econômica e ambiental do negócio do arroz, a efetiva mobilização dos atores diante das propostas e seu protagonismo em busca de melhorias na cadeia produtiva.

Uma terceira experiência com ênfase na parceria entre atores da cadeia do arroz é a realizada em Rondônia pela Rack Indústria e Comércio de Alimentos Ltda. (Rical). Desde 2000, ela vem utilizando, com sucesso, o sistema barter para adquirir no estado boa parte da matéria-prima beneficiada e, posteriormente, comercializá-la. Para assegurar a qualidade do grão industrializado em suas unidades, a Rical vai além do fornecimento dos insumos aos produtores: ela define o que e como produzir, especificando a variedade a ser cultivada e fornecendo orientação técnica, inclusive análise de solo. Esse sistema tem gerado uma situação de ganha-ganha em termos de qualidade e renda para os produtores e a Rical e, ao mesmo tempo, tem contribuído para a fidelização de consumidores e do comércio varejista.

As iniciativas acima representam ações coletivas importantes no enfrentamento dos desafios do setor orizícola brasileiro. Elas mostram, porém, que, apesar de produzir resultados relevantes, infelizmente os esforços não foram suficientes para modificar significativamente a situação. As análises acima com respeito à evolução da área colhida com arroz de terras altas em nível municipal em diferentes períodos corroboram isso.

Novos esforços de parceria podem ser mais eficazes do que os anteriores, mas a realidade é bastante desafiadora. A competitividade dos cultivos de soja, milho, feijão e arroz irrigado no Sul do País, por exemplo, em geral é significativamente superior à do arroz de terras altas. Consulta a um hipermercado em Brasília indicou que 91,8% do total das vendas de arroz em suas unidades em 2020 (R$ 21,8 milhões) foi de produtos procedentes de empresas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina – arroz irrigado, portanto. No caso de Goiás, aproximadamente 85% do mercado local é abastecido com arroz proveniente do Sul. Esses dados atestam a elevada competitividade do arroz irrigado.

Além disso, a infraestrutura de recebimento, secagem, beneficiamento e armazenagem do arroz de terras altas é limitada, e situação similar é observada com a logística de escoamento da produção. As possibilidades de comercialização e de obtenção de crédito rural, como vendas na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&FBovespa) da B3, acesso a contratos futuros de compra e venda e obtenção de financiamento em *tradings* e bancos oficiais, também são menores do que as das principais lavouras brasileiras.

Considerações finais

As análises aqui realizadas apontam, com clareza, para a consolidação da tendência de queda da área colhida com arroz de terras altas no Brasil. Fatores disruptivos podem levar à emergência de um cenário diverso, mas, no caso das possibilidades consideradas nesta pesquisa, é pouco provável que isso ocorra. Não há, no momento, evidências que permitam argumentar em favor de mudanças positivas suficientemente robustas para mudarem a trajetória em curso.

Também não existem forças de mercado, internas nem externas, pressionando por mudanças. O abastecimento nacional, em termos gerais, deverá permanecer satisfatório e sem demandar gastos elevados de divisas com maiores importações do produto. O consumo per capita vem caindo nos últimos anos no Brasil, as previsões de importação de arroz são de queda, e as estimativas para os próximos anos indicam que a produção superará o consumo doméstico. Já em nível global, a produção orizícola crescerá significativamente até 2030, o consumo per capita permanecerá estável, o preço internacional seguirá trajetória de queda, e os países deficitários continuarão atendidos com maiores quantidades exportadas.

Tal panorama deveria chamar a atenção de instituições de pesquisa agrícola e de formulação de políticas públicas. É essencial reavaliar

as prioridades de pesquisa com vistas a focar melhor os esforços, maximizar ainda mais o uso dos recursos disponíveis e alcançar resultados de maior benefício produtivo, econômico e social. É importante também ajustar o marco de políticas públicas em conformidade com o cenário previsto.

Tanto no caso da pesquisa quanto no das políticas públicas, um dos principais elementos orientadores do caminho a seguir é considerar de que o arroz de terras altas não desaparecerá das lavouras brasileiras, mas dificilmente se tornará um componente frequente dos sistemas adotados pelos produtores. As evidências são que ele continuará existindo como um cultivo de oportunidade, ou seja, permanecerá sendo utilizado ocasionalmente para recuperar a qualidade do solo em determinados momentos, melhorar pastagens em outros, preparar a terra para a produção de commodities, combater problemas com nematoides em áreas específicas e aproveitar picos de preços do arroz ocasionados por variações conjunturais da oferta doméstica.

É imprescindível que a pesquisa com arroz de terras altas continue sendo realizada no País e disponibilizando tecnologias relevantes aos produtores. Nesse sentido, além de considerar o cultivo como uma atividade de oportunidade, o programa de pesquisas futuras deveria ser reexaminado levando-se em conta a perda de dinamismo do sistema de sequeiro, a tendência de queda dos projetos com esse tipo de arroz e dos recursos usados na sua execução e admitindo que o atual programa de pesquisas públicas com essa lavoura não deve produzir *breaktroughs*. Além disso, seria útil examinar se há necessidade de mudanças significativas na alocação de recursos e na geração de resultados de pesquisas ou, alternativamente, se a manutenção geral do que vem sendo feito em termos de gastos com projetos e produção de inovações é coerente com o quadro previsto.

Um segundo elemento do contexto orientador das pesquisas e das políticas públicas futuras associadas ao arroz de terras altas é a distância observada entre a grande área com pivô central no País e a possibilidade de utilizá-la, em parte, com a produção desse tipo de arroz. Atualmente, esse cultivo não figura entre as principais lavouras plantadas sob pivô e, portanto, a exploração desse potencial envolve grandes desafios. Por exemplo, isso requer que a introdução dessa cultura como opção de rotação/sucessão em sistemas irrigados sob pivô central exiba competitividade pelo menos igual às dos padrões mais comuns de rotação. Os esforços nesse caso incluem a geração de novas tecnologias, maior disponibilidade de crédito rural para os produtores, facilidades de comercialização e a elaboração de estudos que examinem a rentabilidade de se produzir arroz de terras altas sob pivô central quando comparada à obtida com a exploração de outras lavouras sob uma abordagem sistêmica (sucessão/rotação de cultivos). Não é de conhecimento dos autores, a existência desses estudos.

Por fim, o marco formador das futuras pesquisas e políticas públicas com arroz de terras altas inclui também o desafio de enfrentar perspectivas negativas com respeito ao comércio internacional, como a previsão de queda das exportações brasileiras de arroz até 2030 (OECD-FAO..., 2021). Atualmente, a participação do Brasil no mercado exportador é pequena, e menor ainda é o volume de arroz de terras altas vendido pelo País. Para exportar, é necessário, primeiro, produzir. Em 2019, a produção brasileira de arroz de terras altas respondeu por menos de 10% da produção nacional do cereal. Dessa forma, há muito a ser feito para ampliar as vendas externas desse tipo de arroz.

Em síntese, dificilmente o arroz de terras altas voltará a ser a atividade econômica que foi no passado. Essa perspectiva, juntamente com os elementos anteriores, deveria servir de referência para as ações futuras de pesquisa agrícola e de políticas públicas.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. 2.ed. Brasília, 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Polos nacionais de agricultura irrigada**: mapeamento de áreas irrigadas com imagens de satélite. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **SIGEF**: 2.0 Sistema de Gestão da Fiscalização. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/SIGEF.html>. Acesso em: 2 jun. 2021a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor bruto da produção**. Brasília, outubro 2021b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**: [Painel de Indicação de Riscos]. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>. Acesso em: 12 set. 2021c.

BRASIL. Ministério da Economia. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged>. Acesso em: 1 mar. 2021d.

CARVALHO, M.T. de M.; CASTRO, A.P. de; FERREIRA, C.M.; LACERDA, M.C.; LANNA, A.C.; SILVA-LOBO, V.L.; SILVA, M.A.S. da; COLOMBARI FILHO, J.M. **O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima**: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 252).

CASTRO, A.P. de; RANGEL, P.H.N.; LACERDA, M.C.; FURTINI, I.V.; FRAGOSO, D. de B.; CORDEIRO, A.C.C.; SOUSA, N.R.G.; MORAIS, O.P. de; AZEVEDO, R. de; UTUMI, M.M.; PEREIRA, J. de A.; OLIVEIRA, I.J. de; CUSTODIO, D.P.; SANTOS, B.M. dos. **BRS A501 CL**: cultivar de arroz de terras altas resistente a herbicida. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 242).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Balanço de oferta e demanda**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 13 maio 2020.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Capacitação em arroz de terras altas para ambientes de elevada tecnologia**: módulo 1: aula 1: a grande oportunidade de se plantar arroz de terras altas. 1 vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jmkwQg3kf5o>. Acesso em: 22 jul. 2021a.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1986 a 2020)**: área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021b. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 12 out. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Gestão da Programação – IDEARE**. Brasília: Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural Market Information System (AMIS)**. Disponível em: <https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview>. Acesso em: 25 nov. 2021a.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food Outlook**: Biannual report on global food markets. Rome, 2021b.

FERREIRA JÚNIOR, L.G. (Coord). **Dinâmica das pastagens brasileiras**: ocupação de áreas e indícios de degradação - 2010 a 2018. [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2020.

FERREIRA, C.M. **Fatores que contribuíram para a redução da produção do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2019. Nota técnica.

FERREIRA, C.M. **Rede Brasil Arroz**: Rede de Transferência de Tecnologia da Cadeia Produtiva do Arroz no Brasil: resumo executivo 2011-2014. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014a.

FERREIRA, C.M. **Rede Brasil Arroz**: transferência de tecnologia valorizando o protagonismo e atribuições de parceiros na cadeia produtiva. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014b. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 304).

FERREIRA, C.M.; STONE, L.F.; MORAES, A. da C.; OLIVEIRA, J.P. de. **O passado e o futuro da cadeia produtiva do arroz em Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 308).

FURTINI, I.V.; CASTRO, A.P. de; LACERDA, M.C.; BRESEGHELLO, F.; FRAGOSO, D. de B.; COLOMBARI FILHO, J.M.; CORDEIRO, A.C.C.; SOUSA, N.R.G.; UTUMI, M.M.; SILVEIRA FILHO, A.; PEREIRA, J.A.; ABREU, G.B.; OLIVEIRA, I.J. de; BASSINELLO, P.Z.; SILVA-LOBO, V.L. **BRS A502**: cultivar de arroz de terras altas com resistência ao acamamento e grãos de excelente qualidade industrial e culinária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 12p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 253).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 jul. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**: 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2011. 150p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**: 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2020a. 120p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**: PAM 2020. 2020b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 18 set. 2021.

ITC. International Trade Center. **Trade Map**: trade statistics for international business development. Disponível em: <https://www.trademap.org>. Acesso em: 19 ago. 2021.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. de. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz**: I - Sistema Barreirão. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1991. 19p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 33).

OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030. Paris: OECD, 2021. DOI: https://doi.org/10.1787/19428846-en.

SANTANA, C.A.M.; TORRES, D.A.P.; GUIDUCCI, R. do C.N.; ALVES, M.A. da S.; GARAGORRY, F.L.; SOUZA, G. da S. e; ASSAD, E.D.; PELLEGRINO, G.Q.; BARIONI, L.G.; SOUZA, M.O. de; CHAIB FILHO, H.; MARRA, R.; MOTA, M.M. **Regional case study**: R5: Productive capacity of Brazilian agriculture: a long term perspective. London: Government Office for Science, 2011. (Foresight Project on Global Food and Farming Futures).

Consumo domiciliar de arroz e feijão no Brasil[1,2]

Gerciana Aparecida Rezende[3]
Alexandre Bragança Coelho[4]
Guilherme Fonseca Travassos[5]

Resumo – O objetivo deste estudo foi analisar os fatores relacionados ao consumo domiciliar de arroz e feijão no Brasil. Os dados utilizados foram extraídos das Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF/IBGE) de 2002/2003, 2008/2009 e 2017/2018. Adotou-se uma abordagem de pseudopainel, e os parâmetros foram estimados com um modelo de efeitos fixos. Os resultados apontaram que fatores como localização (urbano/rural), preço, renda, escolaridade, sexo e idade do responsável pelo domicílio, presença de adolescentes e idosos, pais solteiros e tamanho da família são importantes na determinação da aquisição domiciliar de arroz e feijão em 2002–2017. O consumo domiciliar de arroz e feijão parece ser característico de domicílios maiores, com responsáveis mais velhos, do sexo masculino e com menos anos de estudo. Assim, como no Brasil há uma tendência de crescimento do número de famílias menores, com responsáveis do sexo feminino e com maior escolaridade, isso pode ajudar a explicar a queda do consumo domiciliar per capita de arroz e feijão no País.

Palavras-chave: comportamento alimentar, POF, pseudopainel.

Household consumption of rice and beans in Brazil

Abstract – The aim of this study was to analyze the factors related to household consumption of rice and beans in Brazil. The data used were extracted from the family budget surveys of 2002/2003, 2008/2009 and 2017/2018, produced by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (POF / IBGE). A pseudopanel approach was adopted, which was estimated using fixed effects. Results showed that factors such as location (urban/rural), price, income, education, gender, and age of the person responsible for the household, presence of adolescents and elderly, single parents and family size were important to determine the household purchase of rice and beans in the period 2002–2017. Household consumption of rice and beans seems to be characteristic of larger households, with older, male heads with fewer years of schooling. Thus, the fact that there is a tendency in Brazil toward the raising of smaller families – with females with higher education levels as the head of family – may help to explain the decrease of per capita household consumption of rice and beans in the country.

Keywords: eating behavior, POF, pseudopanel.

[1] Original recebido em 4/3/2021 e aprovado em 18/10/2021.
[2] Os autores agradecem o apoio da Capes, via bolsa de pesquisa, para o desenvolvimento deste trabalho.
[3] Mestre em Economia Aplicada, doutoranda em Economia. E-mail: gercianarezende@yahoo.com.br
[4] Doutor em Economia, professor associado da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: acoelho@ufv.br
[5] Doutor em Economia. E-mail: travassosgf@hotmail.com

Introdução

Houve, nos últimos anos, mudanças na alimentação da população brasileira, resultado de transformações econômicas, sociais e demográficas, como o crescimento da renda, a maior participação da mulher no mercado de trabalho, a maior urbanização, o aumento da variedade de alimentos e o aumento do número de famílias menores, com presença de uma ou duas pessoas (Pinheiro et al., 2009; Velásquez-Meléndez et al., 2012; Moratoya et al., 2013; Barbosa et al., 2014). Entre as mudanças, destacam-se o aumento do consumo de alimentos fora de casa, apontado como a principal causa da redução do consumo domiciliar, a substituição da alimentação tradicional por alimentos de preparo rápido e fácil e o aumento do consumo de carnes e alimentos ultraprocessados (Garcia, 2003; Barata, 2005).

Segundo dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2002/2003, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a quantidade anual adquirida para consumo per capita domiciliar de arroz polido (tipo mais consumido) foi de 24,546 kg e a de feijão, 12,394 kg. Dados da POF 2008/2009 indicam que a quantidade caiu para 14,609 kg no caso do arroz, queda de 40,5%, e para 9,119 kg para o feijão, redução de 26,4% (Tabela 1) (IBGE, 2010a). O IBGE (2010a) ressalta que de 1975 a 2009 a quantidade anual per capita de arroz polido adquirida para consumo nos domicílios das principais regiões metropolitanas do País caiu 60% – a redução foi mais intensa entre as POFs de 1995/1996 e 2008/2009 (53%). O consumo de feijão também sofreu grande queda nas mesmas áreas, 49% em 1975–2009, sendo de apenas 10% de 1996 a 2003. Já a POF 2017/2018 aponta crescimento da aquisição per capita de arroz polido e redução para o feijão em relação à POF 2008/2009. Em comparação com a POF 2002/2003, as quantidades adquiridas de arroz polido e feijão são menores. Entretanto, mesmo com essas variações, as maiores médias de consumo diário de alimentos per capita na POF 2017/2018 são de feijão (142,2 g/dia) e arroz (131,4 g/dia) (IBGE, 2020a).

A redução do consumo domiciliar de arroz e feijão foi acompanhada de aumento da alimentação fora do domicílio. Segundo Queiroz & Coelho (2017), de 2002 a 2008 a despesa mensal com alimentação fora do domicílio passou de 24,1% dos gastos mensais com consumo alimentar para 31,1%, e seu crescimento foi de cerca de 30% durante o período. Wander (2007) ressalta que o consumo de feijão fora do domicílio cresceu 1975–2006 em decorrência do maior número de refeições fora de casa. No Brasil, aproximadamente 27% do feijão consumido é consumido fora do domicílio. Ferreira & Wander (2005) apontam crescimento também do consumo de arroz fora do lar: cerca de 32%. Segundo Wander & Chaves (2011), entre as POFs 2002/2003 e 2008/2009 o consumo de arroz fora do domicílio subiu 3,3 kg/hab./ano e o do feijão, 2,7 kg/hab./ano. Nesse ritmo, em aproximadamente dez anos a quantidade de arroz e

Tabela 1. Brasil e regiões – aquisição domiciliar per capita anual (kg) de arroz polido e feijão.

	POF 2002/2003		POF 2008/2009		POF 2017/2018	
	Arroz polido	Feijão	Arroz polido	Feijão	Arroz polido	Feijão
Brasil	**24,546**	**12,394**	**14,609**	**9,119**	**19,763**	**5,908**
Norte	26,938	10,129	16,923	10,053	17,942	4,980
Nordeste	20,654	17,285	14,013	12,293	20,333	7,888
Sudeste	27,274	11,047	14,482	7,961	17,050	5,517
Sul	18,031	9,271	12,761	6,149	14,702	4,064
Centro-Oeste	34,583	10,149	18,772	8,409	24,067	5,494

Fonte: POF 2002-2003 (IBGE, 2004b), POF 2008-2009 (IBGE, 2010c) e POF 2017-2018 (IBGE, 2020b).

feijão consumida no domicílio será menos da metade do consumo total desses itens.

Além disso, houve mudança na alimentação tradicional, com sua substituição por alimentos ultraprocessados, que, em geral, são ricos em gordura e açúcar. O Guia Alimentar da População Brasileira (Brasil, 2014) revela que as principais mudanças recentes na alimentação envolvem a substituição de alimentos in natura ou minimamente processados de origem vegetal e preparações culinárias à base desses alimentos por produtos industrializados prontos para o consumo (ultraprocessados). Tais alimentos devem ser evitados, pois são desbalanceados do ponto de vista nutricional, ricos em gorduras e açúcares, com alto teor de sódio e pobres em fibras. Podem causar danos à saúde, como obstrução das artérias, que favorecem doenças do coração, diabetes e vários tipos de câncer, além de contribuir para a obesidade. O Guia Alimentar (Brasil, 2014) ressalta também que as ocasiões que abrangem o consumo de alimentos são importantes para determinar quais deles serão consumidos e sua quantidade – se a refeição é feita sozinho, no sofá e diante da televisão ou se feita na mesa, com familiares ou amigos. Para Louzada et al. (2015), existem prejuízos à saúde decorrentes da tendência de substituir refeições tradicionais baseadas em alimentos in natura ou minimamente processados por alimentos processados.

É grande a carência de estudos sobre as variações do consumo de alimentos tradicionais dos brasileiros, principalmente de arroz e feijão. Não existem análises econômicas específicas sobre a redução do consumo de alimentos básicos. Existem, porém, trabalhos de outras áreas, como saúde pública e nutrição, que abordam o assunto. Leal et al. (2010) apontam como possíveis causas da queda do consumo de arroz e feijão domiciliar a substituição do almoço ou jantar por lanches de alta densidade energética e baixo valor nutritivo. Para Velásquez-Meléndez et al. (2012), a queda pode ser decorrente da falta de tempo, o que leva à opção por comida pronta. Souza et al. (2013) ressaltam que embora alguns hábitos tradicionais de alimentação sejam mantidos, a alimentação dos brasileiros vem se caracterizando pelo maior consumo de alimentos ultraprocessados. Barata (2005) cita o mito de que arroz engorda ou que possui altos teores de colesterol. Como consequência, isso faz cair o consumo tanto de arroz quanto de feijão, pois normalmente são consumidos juntos. Para Jorge et al. (2014), o arroz e feijão é substituído principalmente por massas, decorrência das condições de vida urbana e da crescente participação das mulheres no mercado de trabalho. Bezerra & Sichieri (2010) afirmam que entre as mudanças na alimentação está o aumento do consumo de alimentos fora do domicílio e que o tamanho da família influencia esse hábito. Para famílias com menos de quatro pessoas, em geral são maiores os percentuais de consumo fora de casa. Portanto, o maior número de famílias menores e de domicílios unipessoais pode ser importante para explicar o recuo do consumo domiciliar de arroz e feijão.

Jorge et al. (2014) ressaltam que o consumo de arroz e feijão deve ser incentivado, pois sua combinação é de alto valor nutritivo e acessível a todas as classes sociais. Velásquez-Meléndez et al. (2012) dizem que, ao contrário do que se pensa, o consumo de arroz e feijão confere efeito protetor contra o ganho de peso. Por isso, é importante entender os fatores associados à queda do consumo desses alimentos. Além disso, a redução do consumo afeta os produtores, pois ameaça a sustentabilidade da atividade no médio e longo prazos (Gameiro & Gameiro, 2008).

O objetivo deste estudo foi analisar os fatores relacionados ao consumo domiciliar de arroz e feijão no Brasil em 2002–2018. Acredita-se que a alteração no consumo domiciliar, em geral, decorre de mudanças socioeconômicas e demográficas. Uma contribuição desta pesquisa é a construção e estimação de um pseudopainel com dados da POF para o consumo de arroz e feijão. Apenas Alves et al. (2007) usaram essa estratégia, mas com categorias mais agregadas de alimentos. O pseudopainel representa uma solução interessante quando dados em painel

não estão disponíveis. Mesmo que haja uma limitação em dados de cortes transversais repetidos quando comparado a um painel genuíno, dada a perda do controle de heterogeneidades individuais, há ganhos porque cortes transversais repetidos possuem menos problemas de atrito e não resposta do que um corte individual (Verbeek, 2008). Deaton (1985) destaca que, embora esse método seja usado por causa da ausência de dados em painel, ele não necessariamente fornecerá resultados inferiores. Portanto, para entender os fatores que influenciam a aquisição de arroz e feijão nos domicílios brasileiros, a construção de um pseudopainel e sua estimação por efeitos fixos parecem ser uma boa escolha.

Método de análise e fonte de dados

Pseudopainel

Para captar a redução do consumo de arroz e feijão no País, o ideal seria trabalhar com um painel genuíno, que acompanhasse o consumo de uma mesma família ao longo do tempo. Como isso não foi possível, já que as POFs não selecionam necessariamente os mesmos domicílios, uma alternativa, de acordo com Meng et al. (2014), é usar dados repetidos de *cross-section* para construir um pseudopainel. Assim, o modelo aqui utilizado emprega um pseudopainel que agrega três amostras independentes da POF, de 2002/2003, 2008/2009 e 2017/2018. A forma como são construídas as coortes é importante, segundo Verbeek (2008), pois, na prática, elas devem ser definidas com base em variáveis que não se alteram ao longo do tempo e que são observadas para todos os indivíduos da amostra, como ano de nascimento, estado, sexo e raça. Desse modo, foram criadas coortes, que são os domicílios representativos, através de um conjunto de características.

Assim, a criação do pseudopainel foi baseada em Alves et al. (2007). Três modelos foram construídos com o uso das seguintes características: sexo do responsável pelo domicílio, raça do responsável pelo domicílio, dez faixas de renda domiciliar e nove coortes de ano de nascimento do responsável pelo domicílio em cada estado e cada POF. Para arroz e feijão agregados, ou seja, aquisição de arroz e/ou feijão, no primeiro modelo foram construídas 7.268 observações (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 3 anos); no segundo, 13.886 observações (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 2 sexos x 3 anos); e no terceiro, 30.710 observações (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 2 sexos x 5 raças x 3 anos).

A aquisição de feijão e arroz separadamente também foi analisada para os mesmos modelos: 7.269 observações (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 3 anos) para o primeiro modelo, 13.796 (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 2 sexos x 3 anos) para o segundo e 29.971 (10 faixas x 9 coortes x 27 estados x 2 sexos x 5 raças x 3 anos) para o terceiro. O uso de mais de um modelo serve para testar a robustez dos resultados. As variáveis de interesse são formadas com base nas médias por coorte-faixa-estado-ano, coortes-faixa-estado-sexo-ano e coortes-faixa-estado-sexo-raça-ano, respectivamente, obtendo assim os domicílios representativos. Os preços foram levados para valores de janeiro 2018 com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

As coortes foram definidas com base na data de nascimento do responsável pelo domicílio (Tabela 2): a coorte mais jovem é composta por famílias cujos responsáveis nasceram de 1982 a 1986, sendo 1984 o ano médio de nascimento (18 anos de idade média na POF 2002/2003). Para as famílias que compõem a coorte mais velha, 1944 é o ano médio de nascimento (73 anos de idade média na POF 2017/2018).

As faixas de renda foram estabelecidas pelo salário mínimo de cada ano, de acordo com a Tabela 3. A primeira faixa é composta por famílias com até um salário mínimo; a última, por famílias com mais de dez salários mínimos. Supõe-se que as famílias permanecem na mesma faixa de renda, isto é, se uma família recebe até um salário mínimo em 2002, esta receberá até um salário mínimo em 2008 e até um salário mínimo em 2018.

Tabela 2. Descrição das coortes.

Coorte	Ano de nascimento	Ano de nascimento/média	Idade média em 2002	Idade média em 2008	Idade média em 2017
1	1982–1986	1984	18	24	33
2	1977–1981	1979	23	29	38
3	1972–1976	1974	28	34	43
4	1967–1971	1969	33	39	48
5	1962–1966	1964	38	44	53
6	1957–1961	1959	43	49	58
7	1952–1956	1954	48	54	63
8	1947–1951	1949	53	59	68
9	1942–1946	1944	58	64	73

Tabela 3. Descrição das faixas.

Faixa	Salário mínimo	Renda média em 2002 (R$)	Renda média em 2008 (R$)	Renda média em 2017 (R$)
1	Até 1	138,88	271,96	618,85
2	Acima de 1 e até 2	303,10	609,58	1.433,92
3	Acima de 2 e até 3	496,49	993,80	2.342,42
4	Acima de 3 e até 4	695,13	1.386,75	3.250,93
5	Acima de 4 e até 5	894,98	1.790,69	4.182,95
6	Acima de 5 e até 6	1.094,63	2.186,58	5.124,07
7	Acima de 6 e até 7	1.297,21	2.587,78	6.065,15
8	Acima de 7 e até 8	1.497,88	2.991,06	7.000,99
9	Acima de 8 e até 10	1.786,11	3.568,14	7.943,36
10	Acima de 10	4.920,98	8.186,27	18.855,91

Com essa agregação na construção do pseudopainel, e por serem dois alimentos bastante presentes no cardápio dos brasileiros, espera-se que não haja problema de consumo zero nem que este ocorra a níveis baixos. A Tabela 4 mostra que os modelos 1 e 2 exibiram consumo zero abaixo ou próximo de 20%, considerado baixo. No modelo 3, o consumo zero foi superior.

Assim, para o modelo 3 foi usado o procedimento de correção de Shonkwiller & Yen (1999), um método de estimação em dois estágios que permite englobar todas as observações. No primeiro estágio, estima-se um modelo de escolha binária para determinar a probabilidade de determinado domicílio consumir o item em função das características demográficas. O segundo estágio considera a estimação do sistema de equações corrigido. Como resultados desse procedimento, a Tabela 5 mostra as variáveis do vetor que considera as características sociodemográficas do *k*-ésimo domicílio que podem influenciar o consumo do *i*-ésimo bem. Depois, com base nos valores no *probit* (Tabela 6), obtêm-se os efeitos marginais (Tabela 7) das variáveis da Tabela 5.

Tabela 4. Consumo zero.

		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
		Consumo zero	Nº de coortes	Consumo zero	Nº de coortes	Consumo zero	Nº de coortes
Arroz e feijão	2002	158	2.302	552	4.385	2.406	9.229
	2008	165	2.403	573	4.675	3.229	10.755
	2017	328	2.563	1.023	4.826	4.434	10.726
	Total	**651**	**7.268**	**2.148**	**13.886**	**10.069**	**30.710**
	%	8,96	100	15,47	100	32,79	100
Arroz	2002	208	2.302	721	4.335	2.870	8.905
	2008	219	2.403	838	4.629	3.887	10.363
	2017	414	2.564	1.300	4.832	5.029	10.703
	Total	**841**	**7.269**	**2.859**	**13.796**	**11.786**	**29.971**
	%	11,57	100	20,72	100	39,32	100
Feijão	2002	267	2.302	899	4.335	3.399	8.905
	2008	312	2.403	1.089	4.629	4.606	10.363
	2017	547	2.564	1.641	4.832	5.825	10.703
	Total	**1.126**	**7.269**	**3.629**	**13.796**	**13.830**	**29.971**
	%	15,49	100	26,30	100	46,14	100

Tabela 5. Variáveis do vetor z_{ik}.

Variável	Descrição
Localização do domicílio	
Urbano	Zona urbana = 1; caso contrário = 0
Norte	Região Norte = 1; caso contrário = 0
Nordeste	Região Nordeste = 1; caso contrário = 0
Sul	Região Sul = 1; caso contrário = 0
Centro-Oeste	Região Centro-Oeste = 1; caso contrário = 0
Característica domiciliar	
Renda	Renda domiciliar
Sexo	Responsável da família do sexo feminino =1; caso contrário = 0
Escolaridade	Anos de estudo do responsável pela família
Criança	Possui criança = 1; caso contrário = 0
Adolescente	Possui adolescente = 1; caso contrário = 0
Idoso	Possui idoso = 1; caso contrário = 0

Tabela 6. Resultado do probit para o modelo 3.

Variável	Arroz	Feijão	Arroz e feijão
Urbano	-0,1393***	-0,1084***	-0,1203***
Norte	0,0214	-0,1849***	-0,0129
Nordeste	0,2223***	0,2125***	0,2402***
Sul	-0,0333	-0,1195***	-0,0773***
Centro-Oeste	-0,1595***	-0,1705***	-0,1774***
Renda	-0,00001***	-0,00001***	-0,00001***
Sexo	-0,0861***	-0,1177***	-0,0758***
Escolaridade	-0,0331***	-0,0335***	-0,0314***
Criança	-0,0045	-0,0117	0,0423
Adolescente	0,2008***	0,2273***	0,2009***
Idoso	-0,2951***	-0,2679***	-0,3246***
Constante	0,6484***	0,5018***	0,8110***
R^2	0,0266	0,0290	0,0283

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%.

Tabela 7. Efeito marginal das variáveis.

Variável	Arroz	Feijão	Arroz e feijão
Urbano	-0,0552***	-0,0416***	-0,0464***
Norte	0,0085	-0,0725***	-0,0049
Nordeste	0,0885***	0,0787***	0,0947***
Sul	-0,0132	-0,0466***	-0,0295***
Centro-Oeste	-0,0624***	-0,0667***	-0,0666***
Renda	-0,000004***	-0,000003***	-0,000004***
Sexo	-0,0341***	-0,0452***	-0,0293***
Escolaridade	-0,0131***	-0,0128***	-0,0121***
Criança	-0,0018	-0,0045	0,0163
Adolescente	0,0796***	0,0873***	0,0776***
Idoso	-0,1169***	-0,1029***	-0,1254***

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%.

O modelo estimado, baseado em Verbeek (2008) e Meng et al. (2014), é dado por

$$y_{it} = x'_{it}\,\beta + \alpha_i + u_{it}\,,\ t = 1,2$$

em que y_{it} é a variável dependente (quantidade adquirida em quilogramas de arroz e/ou feijão para consumo no domicílio representativo), i e t representam o subgrupo (domicílio representativo) e o tempo, respectivamente; x'_{it} é o vetor de variáveis exógenas (Tabela 8), cujas variáveis de maior interesse são o tamanho da família, a alimentação fora do domicílio, a aquisição de alimentos preparados e o rendimento da mulher; α_i é o parâmetro de efeito fixo; β são parâmetros; e u_{it} é o termo de erro aleatório. Os parâmetros serão estimados com um modelo de efeitos fixos, pois, segundo Verbeek & Vella (2005), isso é uma escolha natural para dados em pseudopainel quando as médias dos subgrupos são baseadas em um grande número de indivíduos. De acordo com Meng et al. (2014), o uso de efeito fixo reduz substancialmente os problemas de endogeneidade, já que todas as variáveis independentes invariantes no tempo, observadas ou não, são controladas no nível de subgrupo definido. Além disso, foi feito o teste de Hausman, que indicou rejeição da hipótese nula, apontando assim que os coeficientes são

Tabela 8. Variáveis explicativas do vetor x'_{it}.

Variável	Descrição
Localização do domicílio	
Urbano	Média dos domicílios localizados na zona urbana
Metropolitana	Média dos domicílios localizados na região metropolitana
Característica domiciliar	
Renda	Renda domiciliar média
Preço médio	Preço médio do arroz e feijão
Sexo	Média dos domicílios com responsáveis do sexo feminino
Escolaridade	Média de anos de estudo do responsável da família
Adolescente	Média dos domicílios com presença de adolescente
Criança	Média dos domicílios com presença de criança
Idoso	Porcentagem dos domicílios com presença de idosos
Idade do responsável	Idade média do responsável pelo domicílio
Tamanho_ família	Total médio de pessoas no domicílio
Mulher_trab	Média dos domicílios com responsável do sexo feminino e que trabalha fora do domicílio
Rendimento da mulher	Salário médio da mulher per capita (custo de oportunidade do tempo da mulher)
Preparados	Média dos domicílios com aquisição de alimentos preparados para consumo no domicílio
Lanche	Média dos domicílios com aquisição de lanches fora do domicílio
Almoço e jantar fora	Média dos domicílios com gastos com almoço e jantar fora do domicílio
Composição familiar	
Sozinho	Média dos domicílios composto por um só indivíduo
Mãe_solteira	Média dos domicílios com criança sem a presença de um dos pais
Múltiplos adultos	Média dos domicílios composto por múltiplos adultos sem crianças

distintos e, portanto, é necessário considerar o efeito fixo.

Base de dados

Para a construção do modelo de pseudopainel, utilizaram-se os dados de aquisição da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2002/2003, 2008/2009 e 2017/2018, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A POF é uma pesquisa de caráter amostral, realizada em 48.470 domicílios em 2002/2003, 55.970 em 2008/2009 e 57.920 em 2017/2018, e seu propósito é mensurar as estruturas do consumo, dos gastos, dos rendimentos e parte da variação patrimonial das famílias, para traçar um perfil das condições de vida da população brasileira com base na análise de seus orçamentos domésticos. Além disso, ela mostra informações sobre as características dos domicílios e das famílias. (IBGE, 2004a; 2010b; 2020a).

As variáveis usadas no pseudopainel foram dos seguintes registros da POF: pessoas (registro nº 2, das POFs 2008/2009 e 2002/2003), rendimentos e deduções (registros nº 14 e nº 12, POF 2008/2009 e POF 2002/2003, respectivamente), caderneta de despesas (nº 11 e nº 9, POF 2008/2009 e POF 2002/2003, respectivamente) e despesas individuais (nº 12 e nº 10, POF 2008/2009 e POF 2002/2003, respectivamente). Da POF 2017/2018, os registros são: morador, rendimento do trabalho, caderneta coletiva e despesa individual. Antes da construção do pseudopainel, foram retirados das amostras da POF os domicílios sem gastos com arroz e feijão e *outliers* (foram excluídos, por exemplo, os domicílios com renda igual a zero e observações com valores extremos, como idade igual a zero ou superior a 100). Desse modo, a amostra final na POF 2002/2003 foi de 35.913 domicílios; na POF 2008/2009, foram 44.781; e na POF 2017/208, 56.763. Com uso de pesos amostrais, estima-se que essa amostra equivale a 35.956.656, 46.085.232 e 65.611.490 domicílios, respectivamente.

Análise dos resultados

Nota-se que alguns resultados prevalecem nos três modelos de pseudopainel[6]. Ressalta-se que a comparação com outros estudos é um pouco limitada, pois esta pesquisa trabalha especificamente com dois alimentos. A Tabela 9 mostra os resultados das variáveis explicativas utilizadas para análise do consumo de arroz para os três desenhos de pseudopainel. Poucas variáveis foram significativas, mas a maioria com o sinal esperado.

Nenhuma variável de localização foi significativa para a aquisição domiciliar de arroz. A variável renda também não apresentou significância, e seu efeito foi negativo, com impacto muito pequeno sobre a aquisição de arroz (exceto no modelo 2). Pode-se inferir que variações da renda quase não têm impacto na aquisição desses bens, bem como os fatores locacionais. Uma explicação pode ser o fato de o arroz ser amplamente difundido entre as classes sociais, ou seja, não ser um bem exclusivo de determinada classe.

No caso dos preços, a aquisição domiciliar do arroz recua quando seu preço sobe, mas a queda não se mostrou significativa. Já o preço do feijão impacta significativamente a aquisição de arroz no modelo 1: redução de 0,38 kg anuais. Isso decorre do fato de esses alimentos serem consumidos juntos (bens complementares), ou seja, se o preço do feijão sobe, então seu consumo cai e, consequentemente, o de arroz também recua.

Outro fator que afetou a aquisição domiciliar de arroz foi o tamanho da família, com

[6] Para a construção das coortes, foram utilizadas no modelo 1 o ano de nascimento do responsável pelo domicílio, a faixa de renda do domicílio e o estado de localização; no modelo 2, o ano de nascimento do responsável pelo domicílio, a faixa de renda do domicílio, o sexo e o estado de localização; e no modelo 3, o ano de nascimento do responsável pelo domicílio, a faixa de renda do domicílio, o sexo, o estado de localização e a raça.

Tabela 9. Pseudopainel – arroz.

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Urbano	-0,9138	-1,3218	-1,0239
Metropolitana	-1,0822	-0,3527	-0,0288
Renda	-0,0001	0,00006	-0,0001
Preço do arroz e feijão	-	-	-
Preço do arroz	-0,0893	-0,0082	-0,0236
Preço do feijão	-0,3848*	-0,0424	-0,2557
Sexo	-1,1352	0,1664	-0,4108
Escolaridade	-0,1424	-0,0658	-0,2248
Adolescente	-0,0511	0,6572	1,1277
Criança	0,2104	-0,9289	-0,0972
Idoso	0,4597	1,0673	-1,1651
Idade do responsável	0,0354	-0,0557	-0,0231
Tamanho da família	0,0571	0,4391**	0,4615***
Mulher trabalha	0,7737	-0,8619	-0,0819
Rendimento_ mulherpc	0,0020	0,0005	0,0001
Preparados	0,6652	-0,3125	0,5135
Almoço e jantar fora	0,3661	0,1813	0,0709
Lanche	1,5831	-0,4928	0,6644
Sozinho	1,3053	-0,7106	0,6512
Mãe_solteira	1,9438*	-0,4862	-0,0741
Múltiplos_adultos	1,1974	0,2418	0,7432
Constante	3,3612	4,7029	12,3028
Lambda	-	-	-7,5340
R^2	0,0092	0,0364	0,0052

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%.

coeficientes positivos para as três formas e significativos nos modelos 2 e 3[7].

Esse resultado era esperado: quanto maior a família, maior deve ser a aquisição de arroz. Cabe aqui ressaltar a importância dessa variável na análise da queda do consumo de arroz, pois, independentemente de como foi construído o pseudopainel, ela permanece com o mesmo efeito. O resultado quanto ao tamanho da família aqui encontrado é semelhante ao encontrado por Ferraz et al. (2018)[8].

Por último, no caso mãe/pai solteiro (sem a presença de cônjuge), isso gerou efeito positivo e significativo no modelo 1, sugerindo assim que em domicílios com essa característica a aquisição de arroz sobe 1,94 kg ao ano. Pode-se dizer que, nesse caso, há provavelmente menor diversificação da dieta e concentração da alimentação em

[7] No modelo 3, o consumo zero de arroz e feijão ficou acima de 20% nas três formas (arroz; feijão; e arroz e feijão) de análise. Assim, foi utilizado o procedimento de correção de Shonkwiller & Yen (1999).

[8] Ferraz et al. (2018), usando um modelo logit, faz uma análise das características dos domicílios que afetam a probabilidade de consumo de determinados tipos de alimentos.

poucos alimentos baratos e que proporcionam maior saciedade.

A Tabela 10 mostra os resultados da análise do consumo de feijão para as três configurações do pseudopainel. O número de variáveis significativas foi maior do que no caso do arroz, e a maioria com o sinal esperado. Com relação às variáveis de localização, só a variável *urbano* foi significativa nos modelos 2 (-0,58 kg/ano) e 3 (-4,53 kg/ano), com impacto negativo nos três modelos. O sinal negativo está de acordo com o esperado, pois o fato de os domicílios serem urbanos impacta negativamente a aquisição do feijão. Como ressalta Hoffmann (1995), grande parte do recuo do consumo de feijão decorre do processo de urbanização, por causa dos novos padrões de consumo das famílias brasileiras. Outra explicação de Hoffmann (1995) para essa queda nas áreas urbanas é o fato de o feijão demandar muito tempo para cozinhar, o que dificulta seu consumo, pois como as mulheres participam cada vez mais do mercado de trabalho, seu tempo para os afazeres domésticos encurtou. Também para Ferreira (2002), esse alimento não se ajusta ao novo perfil da mulher, inserida no mercado de trabalho, sem tempo para o rotineiro preparo. Outro fator é que na zona rural há produção também para o autoconsumo, o que

Tabela 10. Pseudopainel – feijão.

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Urbano	-0,4625	-0,5822**	-4,5269***
Metropolitana	-1,0704	0,0428	-0,3988
Renda	0,00004	0,00002	-0,0002**
Preço do arroz e feijão	-	-	-
Preço do arroz	-0,0573	0,0001	-0,0273
Preço do feijão	-0,8379***	-0,1051***	-1,3914***
Sexo	-2,2161	0,1275	-5,8026**
Escolaridade	0,2078	-0,0056	-1,1313**
Adolescente	0,1116	0,1063	8,1589*
Criança	3,0218	0,0150	1,8908
Idoso	-2,1368**	0,1034	-11,0389**
Idade do responsável	0,1856***	-0,0006	0,1911**
Tamanho da família	0,0760	0,1824***	0,3259
Mulher trabalha	2,1778	-0,1957	-0,0155
Rendimento_ mulherpc	0,00005	0,00009	0,0001
Preparados	3,2168	0,1905	4,3567**
Almoço e jantar fora	2,1491***	0,0859	1,5189*
Lanche	0,6357	0,1068	0,3207
Sozinho	-0,4364	-0,1271	1,3076
Mãe_solteira	3,7746**	-0,1686	1,0202
Múltiplos_adultos	1,8650*	0,1352	1,0552*
Constante	-6,4226**	0,9142*	59,4657**
Lambda	-	-	-56,1897**
R^2	0,0290	0,0574	0,0154

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%.

faz seu preço ser relativamente mais barato do que na cidade.

A variável renda exerceu impacto muito pequeno sobre a aquisição de feijão, significativa apenas no modelo 3. O aumento de R$ 100,00 na renda tende a reduzir a aquisição domiciliar de feijão em 0,02 kg por ano. Para Hoffmann (1995), variações per capita na renda no Brasil têm efeito muito pequeno no consumo de feijão. De acordo com Wander (2007), à medida que a renda aumenta, uma parte do feijão passa a ser consumido fora do domicílio e outra pode estar sendo substituída por outros alimentos.

Com relação aos preços, o do feijão se mostrou significativo nos três modelos, ou seja, o consumo domiciliar de feijão é bastante influenciado por essa variável. Conforme a Lei da demanda, o aumento do preço do feijão faz variar negativamente sua aquisição domiciliar. A alta de R$ 1,00 no preço do quilograma do feijão reduz a aquisição em 0,84 kg, 0,11 kg e 1,39 kg anuais nos modelos 1, 2 e 3, respectivamente.

A variável sexo foi significativa no modelo 3, com impacto negativo. Quando a mulher é responsável pelo domicílio, a aquisição domiciliar de feijão tende a cair 5,80 kg anualmente. Quando a mulher é a responsável pelo domicílio, ela trabalha fora e acaba tendo pouco tempo para as atividades domésticas. Também a escolaridade do responsável pelo domicílio exibiu efeito negativo e significativo no modelo 3: um ano a mais de estudo reduz a aquisição anual em 1,13 kg.

Outro fator que parece influenciar a aquisição domiciliar de feijão é a composição domiciliar. A presença de adolescentes foi significativa no modelo 3, com impacto positivo. Domicílios com adolescentes tendem a consumir mais feijão. Levy et al. (2010) analisaram o consumo e o comportamento alimentar de adolescentes brasileiros com base na Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) e encontraram que a maioria dos adolescentes consumia feijão regularmente. Já a presença de idosos foi significativa nos modelos 1 e 3, ambos com choques negativos, apontando que a presença de idosos nos domicílios reduz a aquisição de feijão.

Em relação à idade do responsável pelo domicílio, o efeito foi positivo na aquisição de feijão nos modelos 1 e 2, e isso indica que em domicílios com responsáveis mais velhos, a aquisição de feijão é maior. Já para o tamanho da família, apenas no modelo 2 ele foi significativo, com coeficiente positivo, e o resultado era esperado: famílias maiores tendem a adquirir mais feijão. O tamanho da família pode ser considerado uma variável de medida do nível socioeconômico de um domicílio e, segundo Bezerra et al. (2013), famílias menores possuem melhor nível de renda e, assim, podem fazer refeições fora do domicílio com mais frequência.

Com relação aos tipos de alimentação, destacam-se aqui os efeitos significativos e positivos do consumo de alimentos preparados na aquisição de feijão no modelo três (4,36 kg no ano), o que sugere complementariedade entre o feijão e esses itens. Da mesma forma, a variável que identifica almoço e jantar fora de casa gerou impacto positivo nos modelos 1 e 3, com 2,15 kg e 1,52 kg, respectivamente. Esperava-se que o efeito fosse negativo, ou seja, que o ato de almoçar e jantar fora do domicílio diminuísse a aquisição domiciliar de feijão, mas parece haver combinação nas formas de se alimentar.

Por fim, para a composição domiciliar em domicílios com pai ou mãe solteiros, a aquisição de feijão cresce 3,77 kg ao ano no modelo 1. Também no caso de múltiplos adultos, a aquisição anual aumenta 1,86 kg e 1,06 kg por ano nos modelos 1 e 3, respectivamente. Esses resultados diferem do que se esperava, pois se acreditava que domicílios com essas configurações optassem por modos mais práticos, deixando muitas vezes de consumir feijão, já que a maioria lida com limitação de tempo.

A Tabela 11 mostra os resultados para o consumo de arroz e feijão agregados para as três configurações. Poucas variáveis foram significativas, mas a maioria com o sinal esperado, com comportamentos análogos aos das abordagens

Tabela 11. Pseudopainel – arroz e feijão agregados.

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Urbano	-0,2521	0,0346	-9,2829***
Metropolitana	-2,0242	0,0888	-0,3027
Renda	0,00005	0,0001	-0,0005**
Preço do arroz e feijão	-0,0698	-0,0651	-0,0157
Preço do arroz	-	-	-
Preço do feijão	-	-	-
Sexo	-4,1973*	-4,7461	-6,2235**
Escolaridade	-0,1837	-0,3801*	-2,2167***
Adolescente	2,7964	2,6582	14,5597**
Criança	-0,4773	0,9903	1,5528
Idoso	-0,1475	-0,9234	-21,4701***
Idade do responsável	0,1722**	0,2676**	0,1312
Tamanho da família	0,1273	0,1532	0,0393
Mulher trabalha	4,2493	1,6286	2,2749
Rendimento_ mulherpc	0,0013	-0,0008	-0,0006
Preparados	4,0713*	9,1336*	4,8193**
Almoço e jantar fora	0,1022	0,6198	-0,6694
Lanche	0,1905	-1,3567	0,2011
Sozinho	0,0541	4,0299	0,3740
Mãe_solteira	4,9132**	6,0669	1,2329
Múltiplos_adultos	2,5857	1,6939	0,0697
Constante	-4,1641	-8,0029	121,9727**
Lambda	-	-	-87,4801**
R^2	0,0109	0,0111	0,0038

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%.

desagregadas. Para a localização, só a variável *urbano* foi significativa no modelo 3, com efeito negativo, o que permite inferir que domicílios com tais características tendem a consumir menos arroz e feijão, em linha com os resultados anteriores.

A variável renda exibiu magnitude bem baixa e negativa, significativa apenas no modelo 3. O aumento de R$ 100,00 na renda tende a reduzir a aquisição domiciliar de arroz e feijão em 0,05 kg por ano, resultado semelhante ao de Coelho et al. (2009), que afirma que a renda provoca queda do consumo de produtos básicos, como o arroz e o feijão.

Quando a mulher é responsável pelo domicílio, isso gera efeitos negativos, como no caso da aquisição de feijão. Os efeitos foram significativos nos modelos 1 e 3, com reduções anuais de arroz e feijão de 4,20 kg e 6,22 kg, respectivamente. Pode-se deduzir que tais domicílios optam por outras refeições, não compostas pelo tradicional arroz com feijão, pelo fato de a mulher, na maioria dos casos, trabalhar fora.

A escolaridade exibiu efeito negativo e significativo nos modelos 2 e 3, reforçando que mais anos de estudo do responsável pelo domicílio favorecem a queda do consumo domiciliar de arroz e feijão. Nesse caso, o impacto é um

pouco maior: um ano a mais de estudo tende a reduzir a aquisição anual em 0,38 kg no modelo 1 e 2,22 kg no modelo 3. Levy et al. (2010) analisaram o padrão alimentar de adolescentes e encontraram que, quanto maior a escolaridade da mãe, menor é a frequência de consumo de feijão. Sette (2017), em análise do consumo de alimentos em diversos arranjos familiares, chegou a resultados semelhantes. Para o autor, a escolaridade do responsável pelo domicílio gera efeito negativo sobre a probabilidade de se consumir alimentos básicos, como o arroz e o feijão.

Quanto à composição domiciliar, os efeitos são significativos apenas no modelo 3 para a presença de adolescente e idosos. A presença de adolescentes aumenta a aquisição de arroz e feijão em 14,56 kg por ano. Já a de idosos gera resultado contrário, com queda de 21,47 kg por ano.

Conforme os resultados anteriores, a idade do responsável influencia positivamente a aquisição dos bens nos três casos, com efeito similar ao encontrado para o feijão. Pode-se inferir que nos domicílios com chefes mais velhos o tradicional arroz com feijão ainda é preservado.

Dos tipos de alimentação, só o consumo de alimentos preparados exibiu efeitos significativos na aquisição de arroz e feijão, com incrementos anuais de 4,07 kg, 9,13 kg e 4,82 kg nos modelos 1, 2 e 3, respectivamente. Assim, há uma combinação de padrões tradicionais e modernos, não havendo substituição, conforme Bertasso (2006) destacou.

Por último, em relação à configuração domiciliar, apenas *mãe solteira*, isto é, pai ou mãe sem a presença do cônjuge, gerou efeito significativo. O resultado foi semelhante ao encontrado para os casos desagregados, mas com impacto um pouco maior: a aquisição de arroz e feijão cresceu 4,91 kg por ano.

Considerações finais

O consumo dos alimentos mais presentes no prato dos brasileiros, o arroz e o feijão, tem caído nos últimos anos nos domicílios. São muitos os fatores que influenciam o consumo desses alimentos: sociais, psicológicos, culturais, econômicos e demográficos, entre outros. Com dados das POFs 2002/2003, 2008/2009 e 2017/2018, este estudo investigou os fatores que podem estar relacionados com o consumo desses alimentos. Entre os aspectos abordados, estão principalmente as características socioeconômicas, demográficas e de localização dos domicílios.

Os resultados mostraram que a aquisição domiciliar de arroz e feijão sofre efeito de variáveis de localização, pois o processo de urbanização fez recuar esse tipo de consumo. Os preços do arroz e do feijão e a renda do domicílio parecem influenciar pouco a aquisição anual. O consumo domiciliar de arroz e feijão parece ser característico de domicílios com responsáveis mais velhos, do sexo masculino e com menos anos de estudo. Ou seja, quanto mais escolarizado e mais novo for o responsável pelo domicílio, menos se consome arroz e feijão nele.

A presença de adolescentes nos domicílios influencia positivamente o consumo de arroz e feijão e a de idosos, negativamente. O tamanho da família parece ser importante para explicar a queda do consumo domiciliar desses alimentos. Nos últimos anos, o tamanho das famílias brasileiras vem se reduzindo, o que explica parte da queda do consumo domiciliar desses produtos básicos. Em domicílios com pais solteiros, o consumo de arroz e feijão aumenta.

Levando em conta que esses alimentos são ricos nutricionalmente, políticas públicas que visem à disponibilização de informações para a população poderiam ajudar a torná-los novamente atraentes – campanhas de incentivo ao consumo saudável que incluam arroz e feijão, por exemplo. A redução do consumo de alimentos ditos saudáveis, como o arroz e o feijão, e o aumento de consumo de alimentos de preparo mais rápido podem ser prejudiciais à saúde. Além disso, há talvez uma crença de que o arroz esteja associado ao ganho de peso. Desse modo, seria interessante que se divulgassem esclarecimentos à população.

A queda do consumo domiciliar de arroz e feijão pode impactar a expansão e a sobrevivência de empresas do setor, e isso exige medidas de enfrentamento da parte dos agentes da cadeia produtiva. Um exemplo poderia ser o desenvolvimento de variedades de cozimento mais rápido, sem perda da qualidade nutricional.

Uma grande limitação do estudo é a ausência de dados desagregados sobre a alimentação fora de casa no Brasil, não sendo possível, assim, mensurar de forma adequada o grande aumento desse tipo de alimentação em detrimento do consumo domiciliar. Além disso, não sendo possível obter medidas para controlar a sazonalidade dos gastos da POF, os resultados obtidos estão condicionados à semana de coletas dos dados. Na semana da pesquisa, pode acontecer de uma família não apresentar gastos com alguns bens, ou todos, pois isso depende da frequência de compras feitas pelo domicílio.

Referências

ALVES, D.; MENEZES, T.; BEZERRA, F. Estimação do sistema de demanda censurada para o Brasil: utilizando dados de pseudopainel. In: SILVEIRA, F.G.; SERVO, L.M.S.; MENEZES, T.; PIOLA, S.F. (Org.). **Gastos e consumo das famílias brasileiras contemporâneas**. Brasília: Ipea, 2007. v.2, 395-421.

BARATA, T.S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil**: um estudo na região Metropolitana de Porto Alegre. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BARBOSA, A.L.N. de H.; MENEZES, T.A. de; ANDRADE, B.C. de. Demanda por produtos alimentares nas áreas rurais e urbanas do Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.44, p.507-543, 2014.

BERTASSO, B.F. O consumo alimentar dos brasileiros metropolitanos. In: SILVEIRA, F.G.; SERVO, L.M.; MENEZES, T.; PIOLA, S.F. (Org.). **Gastos e consumo das famílias brasileiras contemporâneas**. Brasília: Ipea, 2006. v.1, p.213-225.

BEZERRA, I.N.; SICHIERI, R. Características e gastos com alimentação fora do domicílio no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.44, p.221-229, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-89102010000200001.

BEZERRA, I.N.; SOUZA, A. de M.; PEREIRA, R.A.; SICHIERI, R. Consumo de alimentos fora do domicílio no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.47, p.200S-211S, 2013. Supl.1. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-89102013000200006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2.ed., 1reimp. Brasília, 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2019.

COELHO, A.B.; AGUIAR, D.R.D. de; FERNANDES, E.A. Padrão de consumo de alimentos no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.47, p.335-362, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000200002.

DEATON, A. Panel data from time series of cross-sections. **Journal of Econometrics**, v.30, p.109-126, 1985. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90134-4.

FERRAZ, D.; OLIVEIRA, F.C.R. de; MORALLES, H.F.; REBELATTO, D.A. do N. Os determinantes do consumo alimentar domiciliar: uma comparação entre estratos de renda no Brasil pelos dados da POF de 2008/2009. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.25, p.38-50, 2018. DOI: https://doi.org/10.20396/san.v25i2.8649989.

FERREIRA, C.M.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C. de. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 135).

FERREIRA, C.M.; WANDER, A.E. Mudanças na distribuição geográfica na produção e consumo do arroz no Brasil. **Informações Econômicas**, v.35, p.36-46, 2005.

GAMEIRO, A.H.; GAMEIRO, M.B.P. O arroz no varejo e os fatores que influenciam o dispêndio das famílias consumidoras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, p.1043-1066, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000400006.

GARCIA, R.W.D. Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana. **Revista de Nutrição**, v.16, p.483-492, 2003. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000400011.

HOFFMANN, R. A diminuição do consumo de feijão no Brasil. **Estudos Econômicos**, v.25, p.189-201, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003**: aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro, 2004a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66830.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro, 2010a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47307.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45130.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares**: microdados: 2002-2003. [Rio de Janeiro, 2004b]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?=&t=microdados>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares**: microdados: 2008-2009. [Rio de Janeiro, 2010c]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?=&t=microdados>. Acesso em: 25 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares**: microdados: 2017-2018. [Rio de Janeiro, 2020b]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?=&t=microdados>. Acesso em: 25 maio 2022.

JORGE, K.; SPINELLI, M.G.N.; CYMROT, R.; MATIAS, A.C.G. Avaliação do consumo de arroz e feijão em uma unidade de ensino no município de São Paulo. **Revista Univap**, v.20, p.35-46, 2014. DOI: https://doi.org/10.18066/revunivap.v20i36.266.

LEAL, G.V. da S.; PHILIPPI, S.T.; MATSUDO, S.M.M.; TOASSA, E.C. Consumo alimentar e padrão de refeições de adolescentes, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.13, p.457-467, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-790X2010000300009.

LEVY, R.B.; CASTRO, I.R.R. de; CARDOSO, L. de O.; TAVARES, L.F.; SARDINHA, L.M.V.; GOMES, F. da S.; COSTA, A.W.N. da. Consumo e comportamento alimentar entre adolescentes brasileiros: Pesquisa Nacional de Saúde Escolar (PeNSE), 2009. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.15, p.3085-3097, 2010. Supl.2. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-81232010000800013.

LOUZADA, M.L. da C.; MARTINS, A.P.B.; CANELLA, D.S.; BARALDI, L.G.; LEVY, R.B.; CLARO, R.M.; MOUBARAC, J.-C.; CANNON, G.; MONTEIRO, C.A. Alimentos ultraprocessados e perfil nutricional da dieta no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.49, art.38, 2015.

MENG, Y.; BRENNAN, A.; PURHOUSE, R.; HILL-MCMANUS, D.; ANGUS, C.; HOLMES, J.; MEIER, P.S. Estimation of own and cross price elasticities of alcohol demand in the UK – a pseudo-panel approach using the Living Costs and Food Survey 2001-2009. **Journal of Health Economics**, v.34, p.96-103, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2013.12.006.

MORATOYA, E.E.; CARVALHAES, G.C.; WANDER, A.E.; ALMEIDA, L.M. de M.C. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, ano22, p.72-84, 2013.

PINHEIRO, L.; GALIZA, M.; FONTOURA, N. Novos arranjos familiares, velhas convenções sociais de gênero: a licença-parental como política pública para lidar com essas tensões. **Revista Estudos Feministas**, v.17, p.851-859, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0104-026X2009000300013.

QUEIROZ, P.W.V. de; COELHO, A.B. Alimentação fora de casa: uma investigação sobre os determinantes da decisão de consumo dos domicílios brasileiros. **Análise Econômica (UFRGS)**, ano35, p.67-104, 2017. DOI: https://doi.org/10.22456/2176-5456.57132.

SETTE, A.B.P. **Dois ensaios sobre consumo e arranjos familiares brasileiros**. 2017. 123p. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SHONKWILER, J.S.; YEN, S.T. Two-step estimation of a censored system of equations. **American Journal of Agricultural Economics**, v.81, p.972-982, 1999. DOI: https://doi.org/10.2307/1244339.

SOUZA, A. de M.; PEREIRA, R.A.; YOKOO, E.M.; LEVY, R.B.; SICHIERI, R. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, v.47, p.190S-199S, 2013. Supl. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-89102013000200005.

VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, G.; MENDES, L.L.; PESSOA, M.C.; SARDINHA, L.M.V.; YOKOTA, R.T. de C.; BERNAL, R.T.I.; MALTA, D.C. Tendências da frequência do consumo de feijão por meio de inquérito telefônico nas capitais brasileiras, 2006 a 2009. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, p.3363-3370, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-81232012001200021.

VERBEEK, M. Pseudo-panels and repeated cross-sections. In: MÁTYÁS, L.; SEVESTRE, P. (Ed.). **The Econometrics of Panel Data**. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 2008. p.369-383. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75892-1_11.

VERBEEK, M.; VELLA, F. Estimating dynamics models from repeated cross-section. **Journal of Econometrics**, v.127, p.83-102, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2004.06.004.

WANDER, A.E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, v.37, p.7-21, 2007.

WANDER, A.E.; CHAVES, M.O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

WANDER, A.E.; CHAVES, M.O. **O consumo aparente per capita de arroz no Brasil, 1991 a 2010**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., 2011. Balneário Camboriú. **Racionalizando recursos e ampliando oportunidades**: anais. Itajaí: Epagri, 2011. v.1, p.749-752.

Análise da distribuição dos preços de terras para lavouras no Brasil[1]

Ricardo Harbs[2]
Carlos José Caetano Bacha[3]

Resumo – O objetivo deste trabalho foi analisar os diferenciais dos preços de terras para lavoura no Brasil em 2003–2017 e elucidar os fatores que levaram, ou não, à sua convergência. O estudo adotou o novo método de análise descritiva proposto por Psycharis e fez uso dos dados de preços de terras divulgados pela consultoria Informa Economics FNP. Os resultados dessa análise descritiva, avaliados segundo a economia regional clássica, revelam que o período mencionado pode ter sido caracterizado pela convergência dos preços de terras para lavouras, condicionada principalmente pelo aumento da demanda internacional por commodities agrícolas. O aumento das cotações de determinados produtos ampliou, por exemplo, as distâncias físicas dentro das quais a sojicultura tem-se mostrado não só viável economicamente, mas também mais vantajosa do que atividades tradicionais, como a pecuária extensiva. Além disso, os investimentos no setor de transportes, como a pavimentação de estradas e a construção de infraestrutura portuária no Norte e Nordeste, reduziram custos e reforçaram o efeito de ampliação da fronteira agrícola. Consequentemente, a produção de grãos tendeu a avançar para áreas anteriormente ocupadas pela pecuária extensiva, valorizando-as. Existem indícios, portanto, de que o processo de convergência do preço da terra para lavoura esteve associado à expansão da fronteira agrícola e ao desenvolvimento de localidades menos favorecidas, criando novos *clusters* de preços de terras.

Palavras-chave: economia regional, fronteira agrícola, mercado de terras.

Analysis of the farmland price distribution in Brazil

Abstract – In this article, we evaluate the differentials of Brazilian farmland prices for the period from 2003 to 2017, elucidating the factors that may have led to the probable convergence of these prices. In this study, we adopted the Psycharis´ new method of descriptive analysis and used the data on cropland prices published by the Informa Economics consultancy (FNP). These analysis outputs were evaluated considering the backgrounds of classic regional economics. The results indicate that the mentioned period may have been characterized by the price convergence of agricultural lands mainly conditioned by the increasing international demand for agricultural commodities. The increase of prices of certain products has broaden, for instance, the physical distances within which soybean cropping has shown to be not only economically viable, but also more competitive than traditional activities, such as extensive cattle raising. In addition, investments in the transport

[1] Original recebido em 8/9/2021 e aprovado em 14/12/2021.

[2] Professor doutor associado ao Instituto de Pesquisas e Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege). E-mail: rharbs@alumni.usp.br

[3] Professor titular da Universidade de São Paulo (USP). E-mail: carlosbacha@usp.br

sector – such as road paving and port infrastructure construction in the North and Northeast regions – reduced the transport costs and reinforced the effect of expanding the agricultural frontier. Consequently, the grain production moved toward areas previously occupied by extensive cattle raising, increasing their value. Therefore, there are indications that the process of cropland price convergence was associated with the agricultural frontier expansion and with the development of less favored localities, creating new farmland price clusters.

Keywords: regional economy, agricultural frontier, land market.

Introdução

A dinâmica do mercado de terras agrícolas no Brasil é um tema de grande interesse, explorado por muitos autores. O preço da terra é um fator determinante para a realização de investimentos e, consequentemente, para a alocação de recursos no espaço geográfico. Mais do que isso, as diferenças entre os preços de terras refletem as desigualdades regionais, que estão relacionadas ao grau de desenvolvimento e à integração aos mercados doméstico e internacional. Assim, a análise do mercado de terras pode evidenciar tanto as fragilidades quanto as potencialidades da agropecuária brasileira, bem como as regiões e os setores que carecem de investimentos em pesquisa, tecnologia e infraestrutura. Ao mesmo tempo, a compreensão acerca da distribuição espacial dos preços de terras, combinada com o diagnóstico das cadeias agroindustriais, lança luz sobre oportunidades de investimentos em regiões onde esse fator produtivo ainda é relativamente barato.

Muitos esforços foram destinados à identificação dos fatores determinantes da evolução dos preços de terras no Brasil – do patamar, mas não das diferenças. A maior parte dos trabalhos, contudo, é caracterizada pelo uso de informações agregadas, que levam a conclusões sobre o comportamento do preço da terra em nível nacional. Nessa linha, destacam-se Brandão (1986), Brandão & Rezende (1989), Dias et al. (2001) e Plata (2001), entre outros. Também foram feitos estudos sobre o mercado de terras restritos a estados e a regiões específicas – Bacha (1989), Rahal (2003), Chang (2012) e Reydon et al. (2014), por exemplo. Entretanto, poucas iniciativas buscaram destacar os diferenciais de preços de terras entre as regiões, estados ou microrregiões do País.

De modo semelhante, pouca atenção tem sido dada aos fatores, de ordem conjuntural ou local, que conferiram trajetórias distintas aos preços de terras agrícolas em unidades da federação ou em grandes regiões. Entre as poucas iniciativas, a mais antiga talvez seja Oliveira & Costa (1977 citado por Rahal, 2003). Considerando o período de 1966 a 1974, esses autores avaliaram os determinantes do preço da terra para fins agropecuários (lavouras e pastagens) em 16 estados. Apesar de abranger um período relativamente curto, Oliveira & Costa (1977) evidenciaram a importância dos preços dos produtos agropecuários, bem como os efeitos de investimentos em infraestrutura de transporte (pavimentação de estradas, por exemplo), sobre os preços de terras em unidades da federação com distintos graus de desenvolvimento econômico.

Com dados da Fundação Getulio Vargas (FGV), Gasques et al. (2006) teceram considerações sobre a evolução dos preços de terras (para lavouras e pastagens) nos estados. Sem destacar a presença de ciclos nos comportamentos dos preços de terras, os autores constataram que houve, em 1977–2004, decréscimos médios de 1,59% e 1,87% ao semestre nos preços de terras para lavouras e pecuária, respectivamente. Mas o mesmo trabalho revela que os preços de terras para lavouras e pecuária exibiram crescimentos médios de 6,06% e 5,94% ao semestre, respectivamente, em 2000–2004, tendência liderada por Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além dos estados sulinos, onde houve acentuada valorização dos preços de terras de ambas as categorias.

Com base em dados divulgados pela consultoria Informa Economics FNP, Ferro & Castro (2013) avaliaram os determinantes do preço da terra agrícola no Brasil em 2002–2010. Considerando só os preços de terras para lavouras, esses autores fizeram estimativas para três regiões: de transição (no Centro-Oeste), desenvolvida (Sul) e de fronteira, também conhecida como Matopiba, que abrange áreas de cerrado de grande parte do leste do Maranhão, do Tocantins, do oeste do Piauí e do noroeste da Bahia. A divisão entre regiões com diferentes características (e graus de ocupação agrícola) constituiu uma das principais contribuições desse artigo e permitiu a realização de estimativas para avaliar os impactos dos seguintes determinantes sobre os preços de terras: preço e produtividade da soja, área cultivada com lavouras perenes e temporárias (utilizada como *proxy* para a demanda por terras com lavouras) e crédito rural de custeio, entre outras.

Bacha et al. (2018) analisaram a evolução dos preços de terras para lavouras e para pastagens, além de terras incultas (ocupadas com vegetação nativa) no Brasil, com base em dados divulgados pela FGV e pela FNP. Com base nos dados da FGV, os autores destacaram os ciclos dos preços de terras em 1977–2015, evidenciando assim as diferenças desses ciclos entre estados e grandes regiões. No caso da FNP, embora as séries de preços de terras agrícolas sejam mais recentes – cobrindo o período de 2002 a 2017 –, os dados possuem menor nível de agregação, sendo levantados em nível de regiões específicas (definidas pela própria instituição) e de acordo com a aptidão ou o tipo de cultivo da terra. Desse modo, foi possível analisar a evolução dos preços de terras nuas, segundo o tipo de lavoura conduzida, em cada região. Além disso, o nível de agregação permitiu que os dados referentes ao Matopiba fossem separados e comparados com os preços praticados em outras regiões, inclusive nas demais localidades do Norte e Nordeste. Com tal procedimento, foi possível avaliar a evolução diferenciada dos preços de terras em regiões que compõem a atual fronteira agrícola no Brasil.

Apesar das contribuições dos estudos mencionados, permanecem questões em aberto: como evoluíram os preços de terras no Brasil? Quais foram os principais determinantes dos preços de terras em anos recentes? Os preços de terras em regiões menos desenvolvidas – especialmente no Norte e Nordeste – cresceram de forma mais rápida, convergindo para os patamares que vigoram nas demais regiões? Mas não se pode perder de vista que o período recente, do início da década de 2000 até a segunda metade da de 2010, foi caracterizado por grandes mudanças na economia nacional e, principalmente, no contexto internacional. É possível que o crescimento da demanda internacional por commodities agrícolas tenha alterado, de forma significativa, a distribuição dos preços de terras no Brasil.

A principal questão, que perpassa todo o artigo, diz respeito à evolução diferenciada do preço da terra para lavoura entre as regiões do País. Para tanto, consideram-se as regiões pesquisadas pela FNP. Embora muitos trabalhos analisem variáveis que influenciam o preço da terra, nota-se a ausência de um tratamento sistêmico, que leve em conta sua dimensão espacial ou locacional. Em se tratando de um fenômeno espacial, pouca atenção tem sido reservada ao arcabouço teórico da economia regional, especialmente à teoria clássica da localização e às teorias de desenvolvimento regional com ênfase nos fatores de aglomeração, para explicar o comportamento dos preços de terras agrícolas no Brasil. Essas teorias fornecem importante base conceitual, sem a qual não é possível apreciar a dinâmica do mercado de terras em toda a sua extensão e riqueza de detalhes.

Nesse contexto, o objetivo geral deste estudo é analisar a evolução das diferenças entre os preços de cada hectare de terra nua para lavouras no Brasil e elucidar os fatores que poderiam levar à convergência ou não desses preços em 2003–2017. A partir do preço do hectare de terra nua em cada unidade *cross section*, e levando-se em conta o preço médio do hectare da terra no Brasil, será construído um índice de preços relativos de terras para lavouras para cada região pesquisada

pela FNP. Como objetivos específicos, pretende-se aqui: analisar a distribuição dos índices de preços relativos de terras para lavouras entre as regiões brasileiras[4], identificando os fatores que podem ter levado à sua convergência, ou não, em 2003–2017; ao nível de agregação e para os anos supracitados, identificar *clusters* de preços relativos de terras. Essas análises serão feitas à luz das teorias de aglomeração e localização elaboradas pela chamada economia regional convencional (ou clássica).

Fundamentação teórica

Celebrado como o precursor da economia regional, Von Thünen (1826 citado por Monasterio & Cavalcante, 2011) desenvolveu um modelo relativamente simples que, partindo de hipóteses básicas, fornece uma explicação para a localização das atividades agrícolas dentro do espaço. Entre os pressupostos, destacam-se: mercados operando em competição perfeita; território homogêneo; agentes tomadores de preços; e preços de produtos agrícolas fixados na cidade. A esses pressupostos, deve-se acrescentar o de que a localização da cidade – tida como referência para a formação de preços – é determinada de forma exógena ao modelo.

De acordo com o modelo de Von Thünen, os produtores localizados na cidade conseguem vender sua mercadoria ao preço (P) máximo. Não obstante, como se trata de um mercado de livre concorrência, o valor de arrendamento da terra ao redor das cidades será proporcionalmente maior do que o vigente em regiões mais distantes, eliminando o lucro extraordinário que, de outro modo, seria obtido por aqueles produtores. Em função dos custos de transporte (t), a renda (R) auferida com a venda da produção tende a cair à medida que aumenta a distância (d) das propriedades agropecuárias em relação à cidade. Formalmente, a renda por metro quadrado (ou acre, ou hectare) da terra pode ser determinada por

$$R = [P - C - (t \times d)]N \quad (1)$$

em que P é o preço do produto agrícola na cidade; C, o custo de produção; t o custo de transporte por quilômetro; d, a distância da propriedade agropecuária em relação à cidade, em quilômetros; e N, a produtividade ou produção por metro quadrado (ou acre ou hectare). A Figura 1 mostra o gradiente de renda para determinado produto, obtido mediante aplicação da expressão 1.

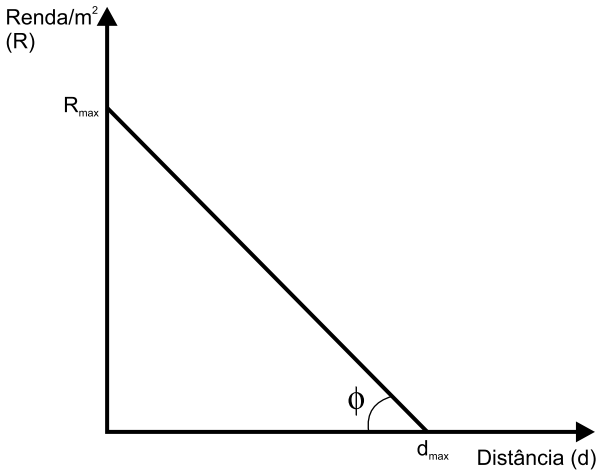


Figura 1. Gradiente de renda para um produto.
Fonte: Monasterio & Cavalcante (2011).

Com base na expressão 1 e na Figura 1, nota-se que fatores como o aumento de P ou a redução de C geram, como consequência, o deslocamento paralelo da curva de gradiente para a direita, resultando em expansão da fronteira agrícola. Analogamente, a redução do custo de t implica rotação da curva de gradiente – em torno do ponto de renda máxima (R_{max}) – ampliando, assim, a área em que a produção é viável. Além disso, deve-se considerar que o aumento de N também resulta em deslocamento paralelo da curva de gradiente para a direita na Figura 1, com ampliação da renda agrícola de produtores localizados a uma mesma distância da cidade, bem como da distância máxima em que é possível cultivar, e remunerando todos os fatores produtivos.

[4] Definidas de acordo com os critérios da FNP.

A Figura 2 mostra uma situação em que o produtor tem de optar entre dois produtos (*A* ou *B*) alternativos. *B*, apesar de possuir menor *P* na cidade – centro de referência para a formação de preços –, é caracterizado pelo custo de *t* significativamente menor, podendo ser cultivado e transportado a partir de longas distâncias.

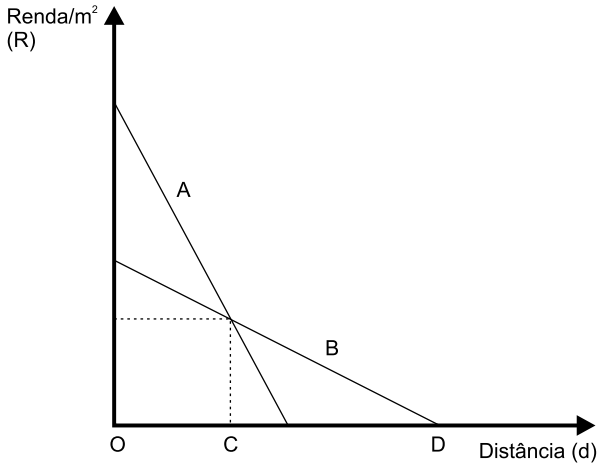


Figura 2. Gradiente de renda para dois produtos (A e B).

Fonte: Monasterio & Cavalcante (2011).

Os produtores localizados no percurso *OC* darão preferência ao cultivo de *A*, que gera renda relativamente maior por unidade de área. No trecho *CD*, ao contrário, o cultivo e a comercialização de *B* proporcionam maior renda por unidade de área, de maneira que os produtores localizados nessa faixa deverão se especializar em sua produção.

Sob a hipótese de que o território é homogêneo, ou seja, desconsiderando diferenças em termos de clima, relevo e fertilidade do solo, as áreas totais de produção dos gêneros *A* e *B* podem ser obtidas mediante rotação dos segmentos *OC* e *CD*, respectivamente, em torno do eixo das ordenadas (Figura 3). Com esse procedimento, são obtidos os anéis de Von Thünen, que indicam a localização das atividades agrícolas através do espaço.

Ao contrário de David Ricardo, que foi seu contemporâneo e para quem a renda da terra decorria do diferencial de fertilidade do solo, a ênfase do modelo de Von Thünen recaía sobre a distância das terras em relação às cidades ou centros de consumo, nos quais os preços dos gêneros alimentícios eram formados (Ricardo, 1982; Von Thünen, 1826 citado por Monasterio & Cavalcante, 2011). Sob a hipótese de livre entrada dos agentes, as terras mais próximas de tais centros teriam valor (por hectare, por exemplo) proporcionalmente maior de arrendamento, que anularia os lucros extraordinários e garantiria, tão somente, a remuneração do capital e do trabalho. Mas qual seria a relação entre a renda da terra – determinada pela fertilidade ou pela distância em relação às cidades – e o preço desse fator produtivo? De acordo com Marx, o preço da terra poderia ser estimado com base em suas rendas futuras, devidamente descontadas pela taxa de juros prevalente no sistema econômico (Reydon, 1992).

Estabelecida a relação entre a renda e o preço da terra, é fácil verificar que as variáveis consideradas por Von Thünen têm grande impacto sobre o preço desse fator produtivo. No Brasil, há muitos trabalhos que destacam a influência dos preços de commodities agropecuá-

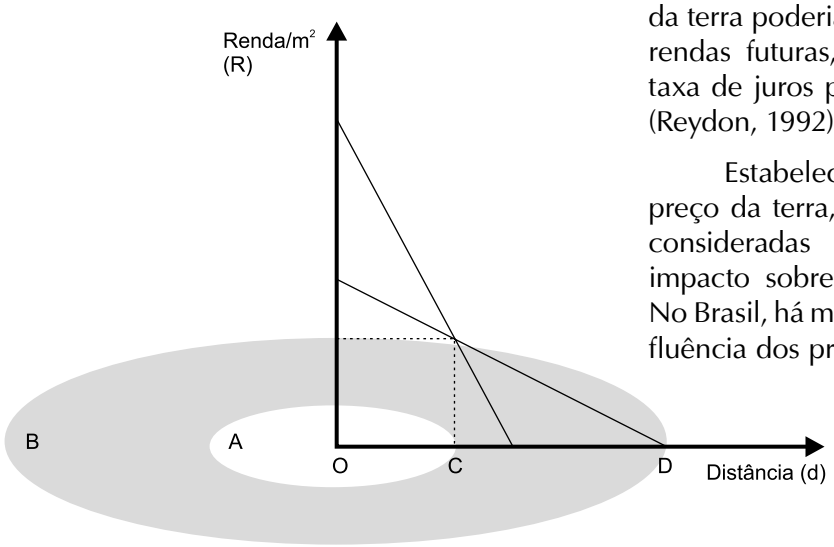


Figura 3. Anéis de Von Thünen.

Fonte: Monasterio & Cavalcante (2011).

rias sobre os preços de terras: Oliveira & Costa (1977), Brandão (1986), Bacha (1989), Brandão & Rezende (1989), Dias et al. (2001), Rahal (2003) e Ferro & Castro (2013), por exemplo. De modo semelhante, o custo de produção é uma variável empregada, de forma frequente, em estudos empíricos sobre o mercado de terras. No Brasil, Bacha (1989), Dias et al. (2001) e Rahal (2003) são exemplos de modelos que consideraram essa variável e identificaram efeito estatisticamente significante do custo de produção sobre o preço da terra agrícola. Esses resultados quanto aos efeitos dos preços dos produtos e do custo de produção sobre o preço da terra estão alinhados com o modelo proposto por Von Thünen.

Além de P e C, a expressão 1 permite observar que t desempenha um papel relevante na determinação da renda da terra. Ainda que R_{max} permaneça inalterada no centro de consumo, a redução do custo de transporte atua no sentido de elevar a renda agrícola fora das cidades e, consequentemente, os preços de terras mais distantes subirão, implicando, inclusive, expansão da fronteira agropecuária. Assim, fatores como a pavimentação de rodovias e a instalação de ferrovias, além de investimentos em infraestrutura portuária – como no Norte e Nordeste recentemente – têm grande impacto sobre os preços de terras agrícolas. Naturalmente, o impacto será tão maior quanto mais próximas estiverem as terras da infraestrutura instalada.

No Brasil, os efeitos associados à extensão ou à densidade de rodovias sobre os preços de terras agrícolas foram avaliados por Oliveira & Costa (1977) e Rahal (2003). Para este último, o aumento de 10% na extensão da malha rodoviária do Estado de São Paulo em 1969–2001 resultou em aumento de 8,07% sobre os preços de terras de cultura de primeira. Além disso, o investimento no setor de transportes é uma das variáveis explicativas para o preço da terra de lavoura em Ferro & Castro (2013).

Por último, pode-se mencionar a influência de N sobre os preços de terras para lavouras. A elevação da produtividade gera deslocamento paralelo para a direita da curva de gradiente na Figura 1, alterando as rendas auferidas com a propriedade da terra. No curto prazo, portanto, o desenvolvimento de variedades mais produtivas, bem como a adoção de novas técnicas de produção, pode ter profundo impacto sobre os preços de terras agrícolas. Entre os trabalhos que destacaram o efeito da produtividade sobre o preço da terra no Brasil, estão Brandão & Rezende (1989), Dias et al. (2001) e Ferro & Castro (2013).

Em retrospectiva, observa-se que o modelo de Von Thünen oferece uma explicação simples, destacando alguns dos fatores que figuram, até hoje, entre os principais determinantes dos preços de terras. Naturalmente, a análise de Von Thünen desconsidera as políticas adotadas em âmbito nacional, como as políticas monetária e fiscal e políticas agrícolas, como o crédito rural. Analogamente, as principais hipóteses e a ênfase de Von Thünen – que recai sobre a renda da terra – não oferecem espaço para a consideração de fatores especulativos, cuja influência sobre o mercado de terras é reconhecidamente grande e, em alguns casos, semelhante à das variáveis supracitadas. No entanto, para efeitos de comparação entre regiões de um mesmo país, o modelo de Von Thünen constitui importante ferramenta de análise.

Conforme observado anteriormente, a localização da cidade (ou do centro consumidor) é definida de forma exógena ao modelo de Von Thünen. Apesar disso, a questão é tão importante para a determinação da renda (e do preço) da terra, bem como para a localização da produção agropecuária, que ela tem sido objeto de interesse de muitos trabalhos ao longo dos anos. Em termos concetuais, Monasterio & Cavalcante (2011) constatam que a maior parte dos estudos sobre o desenvolvimento das cidades (ou centros industriais) ocorreu durante a década de 1950. North (1955) e de Myrdal (1965)[5] dão ênfase aos fatores de aglomeração.

[5] Edição original de 1957.

Para North (1955), que oferece uma explicação abrangente e adequada sobre a formação dos centros industriais no Brasil, nem todos os países seguiram a mesma trajetória de desenvolvimento econômico. No continente europeu, de modo geral, o sistema econômico evoluiu a partir de comunidades agrícolas relativamente isoladas e autossuficientes. Em seguida, fatores como a redução dos custos de transporte, além de aumento da natalidade e, consequentemente, de redução do produto marginal no setor primário, teriam contribuído para a especialização e o desenvolvimento da indústria e do comércio.

Apesar de sua aderência em relação à evolução das economias na Europa, North (1955) argumentou que esse processo de desenvolvimento não seria observado, necessariamente, em todos os países. No caso do Brasil, o desenvolvimento da indústria e a urbanização estiveram atrelados ao sucesso daquilo que North (1955) chamou de "base exportadora". De acordo com o autor, a base exportadora surgiria a partir de uma atividade primária, destinada ao atendimento do mercado externo, e em torno da qual se desenvolveriam os centros de distribuição e todo o aparato de infraestrutura urbana. Assim, o sucesso da atividade de exportação garantiria os recursos necessários ao desenvolvimento da indústria local, permitindo então o atendimento de uma demanda satisfeita, anteriormente, com produtos importados.

No caso do Brasil, Furtado (2000) demonstrou a importância da economia cafeeira para o desenvolvimento da indústria nacional, notadamente entre as décadas de 1880 e 1930. Para o autor, os recursos auferidos com as exportações de café permitiram a importação de máquinas e equipamentos, que passaram a ser utilizados na produção de bens de consumo para o mercado interno. Desse modo, o desenvolvimento da indústria, bem como a intensificação do processo de urbanização no Estado de São Paulo, foi consequência direta do sucesso da base exportadora cafeeira. Naturalmente, esse processo teve ampla repercussão sobre o território brasileiro, inclusive sobre os preços de terras agrícolas, com as atividades das regiões se articulando em torno do novo centro dinâmico da economia. Concomitantemente, acentuaram-se as diferenças regionais, especialmente entre as regiões Sudeste e Nordeste.

Para Furtado (2000), o relativo atraso da economia nordestina no período de 1880 a 1930 poderia ser explicado, fundamentalmente, pela decadência das exportações, especialmente de açúcar e de algodão, bem como pelo predomínio da monocultura de cana-de-açúcar nas terras mais produtivas, localizadas na faixa úmida da região. Esses fatores, aliados à baixa produtividade do setor de subsistência, representaram enormes obstáculos à industrialização e, consequentemente, ao processo de desenvolvimento econômico do Nordeste. Se a dinâmica da base exportadora foi condição *sine qua non* para o desenvolvimento industrial do Sudeste, com destaque para o Estado de São Paulo, o relativo insucesso das iniciativas no Nordeste facultou, em grande medida, o baixo crescimento econômico dessa região. Nas primeiras décadas do século 20, as diferenças entre as duas regiões cresceram de forma expressiva, evidenciando tendência de concentração de recursos e desenvolvimento no Sudeste, em detrimento das demais regiões do País.

Com efeito, essa tendência de concentração de investimentos em uma região, em prejuízo de outras, constitui um dos temas mais relevantes no âmbito da economia regional, tendo implicações sobre a distribuição da renda e dos preços de fatores produtivos (como a terra) através do espaço. Conforme demonstrado por Von Thünen (1826 citado por Monasterio & Cavalcante, 2011), as cidades e os centros de distribuição (portos, por exemplo) constituem referências para a formação dos preços de produtos agropecuários, de maneira que sua localização é fator determinante para a definição da renda, e do preço, da terra.

De acordo com Myrdal (1965), uma vez iniciado um surto de desenvolvimento, haveria uma tendência natural de concentração de recursos produtivos, tanto os locais quanto os oriundos de outras regiões, em busca de melhores oportunidades de remuneração. Diante

das expectativas e do clima geral de otimismo, grande parte da renda – gerada pelo centro industrial – seria reinvestida na própria região, intensificando as diferenças em relação às demais regiões do País. Sobre estas últimas, o centro industrial exerceria dois tipos de efeitos: efeitos de retroação (*backwash effects)* e efeitos de difusão (*spread effects*).

Além da atração de poupanças e de investimentos, que fluiriam para a região de maior dinamismo, a migração seletiva constitui importante efeito de retroação (*backwash effect)*. Atraídos pelas oportunidades do centro industrial, os trabalhadores mais preparados e "ousados" deixariam suas regiões de origem, num movimento de profundas consequências sobre a dinâmica de desenvolvimento em âmbito regional. Em médio e longo prazos, esse efeito implicaria déficit de mão de obra qualificada, constituindo importante restrição ao desenvolvimento de regiões relativamente atrasadas. Já no centro industrial, a imigração atuaria no sentido de reduzir, pelo menos em termos relativos, os salários, tornando assim os investimentos ainda mais atrativos.

Apesar do predomínio dos efeitos de retroação, Myrdal (1965) destacou também efeitos de difusão (*spread effects*), que consistem em uma influência positiva do centro industrial sobre as demais regiões. De modo geral, esse efeito corresponde à difusão de conhecimentos e de inovações, que contribuem para a adoção de novas técnicas de produção e incremento da produtividade nas regiões relativamente atrasadas. Tais efeitos, contudo, seriam insuficientes para reestabelecer uma situação de equilíbrio. Para Myrdal (1965), o livre jogo das forças de mercado atuaria no sentido de gerar desigualdades, num processo cumulativo que só seria revertido via planejamento e firme intervenção governamental.

Sob a hipótese de "causação circular e acumulativa", usando o termo empregado por Myrdal (1965), haveria pouco espaço para o desenvolvimento autônomo de regiões e de cidades relativamente "pobres". Considerando a relação entre a localização dos centros de consumo (locais de formação dos preços de alimentos) e os preços de terras de lavouras e de pastagens, pode-se inferir que estes últimos não seriam distribuídos de forma aleatória no espaço, sendo o preço do ativo produtivo tão mais elevado quanto menor fosse a distância em relação aos centros industriais. Assim, os preços de terras agrícolas seriam caracterizados pela existência de dependência espacial. Além disso, seria de se esperar que as disparidades entre as regiões brasileiras tivessem reflexos sobre o mercado de terras, implicando grandes diferenças entre os preços médios de terras entre os estados e dentro deles.

Com base na análise histórica de Furtado (2000), e levando-se em conta a teoria de localização de Von Thünen (1826 citado por Monasterio & Cavalcante, 2011), parece haver pouca dúvida quanto à validade da hipótese de dependência espacial, bem como sobre a existência de grandes divergências entre os preços de cada hectare de terra agrícola entre diferentes regiões. Resta, no entanto, esclarecer uma questão crucial: esse processo de concentração de recursos em determinadas regiões e, consequentemente, de divergência entre os preços de fatores produtivos (incluindo a terra) seria irreversível? Em caso afirmativo, os estudos empíricos sobre o mercado de terras não levantariam evidências de convergência, ou seja, de redução das diferenças entre os preços de terras ao longo do tempo.

Segundo Monasterio & Cavalcante (2011), Myrdal (1965) havia considerado só uma fase do processo de crescimento econômico. Decorrido certo tempo, forças centrífugas – como a maior competição entre as firmas e o aumento dos preços dos fatores produtivos – entrariam em ação, redirecionando os investimentos e proporcionando o desenvolvimento econômico de regiões anteriormente relegadas ao atraso. Essa hipótese de concentração inicial de recursos, seguida da ação de forças centrífugas e subsequente redução das disparidades, foi formulada por Williamson (1965) e obteve respaldo de estudos empíricos recentes, que não a refutaram (Monasterio &

Cavalcante, 2011). Embora a hipótese de convergência não seja testada econometricamente neste estudo, o uso de cartografia temática e de estatística descritiva, com destaque para as matrizes de transição dos preços, fornecem indícios da ocorrência (ou não) de convergência dos preços de terras de lavouras no Brasil. Essa não é, contudo, a única contribuição deste trabalho. Além de conter uma análise sobre a evolução das diferenças entre os preços de terras agrícolas, evidenciando os fatores que podem ter contribuído para a convergência desses preços, busca-se aqui estabelecer uma relação entre os resultados e o arcabouço teórico da economia regional, bem como com os principais trabalhos sobre o mercado de terras no Brasil.

Metodologia e dados utilizados

Além de estatística descritiva, este estudo fez uso de cartografia temática, ferramenta que facilita a compreensão da evolução dos diferenciais dos preços de terras agrícolas, evidenciando sua dependência espacial e sugerindo se houve convergência dos preços entre as regiões da FNP. É importante observar que a parte metodológica deste trabalho foi feita com base na apresentação de Psycharis (2019), que usou índices do PIB per capita de países da União Europeia, avaliando sua distribuição em diferentes períodos. Psycharis (2019) lançou mão de mapas dos índices de PIB per capita, bem como de funções de densidade de probabilidade e de matrizes de transição desses índices.

Para o cálculo dos índices de preços, considerou-se que o preço médio do hectare da terra nua para lavoura, em determinado ano, seria equivalente a 100. A partir dessa referência, foram calculados os índices de preços de cada unidade *cross section* (regiões definidas pela FNP, doravante denominadas regiões FNP) por

$$I_{it} = (P_{it} \times 100)/\overline{P}_t \qquad (2)$$

em que I_{it} é o índice de preço da região i no período t; P_{it} é o preço do hectare da terra agrícola da região i no período t; $\overline{P}_t$ é o preço médio do hectare da terra agrícola no período t. Tomando como exemplo a região FNP de Piracicaba, cujo preço do hectare de terra nua para lavoura em 2003 equivalia a R$ 23.912,81 (em reais de dezembro de 2017), e considerando que o preço médio dessa categoria de terra, no Brasil, correspondia a R$ 8.460,09 no mesmo período, então o índice de preço de terra para lavoura da região FNP de Piracicaba, em 2003, é igual a

$$I_{Piracicaba,2003} = (23.912,81 \times 100)/8.460,09 = 282,65$$

Ou seja, em 2003 o preço do hectare de terra nua para lavoura em Piracicaba era 182,65% superior à média nacional. Mas como evoluiu essa diferença ao longo dos anos?

Conforme indicado na expressão 2, os índices de preços são calculados a partir do preço médio do hectare de terra em cada ano. Tais índices evidenciam, portanto, preços relativos à média nacional em cada ano analisado. Calculados os índices de preços de todas as unidades *cross section* em determinado ano, a próxima etapa foi definir o número de classes e os respectivos intervalos para esses índices. Seguindo a metodologia empregada por Psycharis (2019), foram estipuladas nove classes de índices de preços de terras agrícolas: [0, 25]; (25, 50]; (50, 75]; (75, 100]; (100, 125]; (125, 150]; (150, 175]; (175, 200]; e (200, 500]. Cumpre observar que o último intervalo de classe, embora maior que os demais, abrange reduzido número de regiões FNP.

Na elaboração dos mapas temáticos, cada classe foi associada a uma cor, para a fácil identificação dos intervalos. Além disso, mediante construção de funções de densidade de probabilidade, foi possível avaliar a distribuição dos índices de preços em relação à média nacional (índice igual a 100), observando sua evolução no período considerado. Foi possível também apresentar as funções de densidade de probabilidade segundo as grandes regiões, sempre tendo como referência o preço médio da terra no Brasil. Quanto aos índices de preços, essas funções são particularmente interessantes, pois, além de demonstrar a distribuição dos índices em relação à média nacional, elas evidenciam *outliers*, ou

seja, regiões FNP nas quais os preços de terras para lavoura divergem significativamente da média nacional – nas caudas (direita ou esquerda) das distribuições.

Por último, recorreu-se ao uso de uma matriz de transição, com a qual foi possível visualizar não só a distribuição dos índices de preços (entre intervalos de classes) em um dado período inicial, mas também no período final. A Tabela 1 mostra uma matriz de transição hipotética, considerando-se inalterados os índices de preços entre dois períodos.

Para facilitar, considerou-se a hipótese de que havia, no período inicial, quatro unidades *cross section* para cada intervalo (36 no total). Tomando como referência a primeira linha da matriz, observa-se que havia, no período inicial, quatro regiões inseridas na primeira classe (com índice de preço inferior a 25). No cruzamento da primeira linha com a primeira coluna, nota-se também que a totalidade dessas regiões (100%) permaneceu na primeira classe no fim do período em análise. O mesmo raciocínio vale para todos os intervalos. Nesse caso hipotético, a análise da Tabela 1 levaria à conclusão de que não houve alteração significativa nos preços relativos de terras agrícolas entre o início e o fim do período analisado.

Mas como ficaria a Tabela 1 no caso de uma mudança significativa nos preços relativos? A Tabela 2 oferece um exemplo de mudança

Tabela 1. Matriz de transição dos índices de preços (dados hipotéticos).

Início \ Fim	[0, 25]	(25, 50]	(50, 75]	(75, 100]	(100, 125]	(125, 150]	(150, 175]	(175, 200]	(200, 500]	Total
[0, 25]	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(25, 50]	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(50, 75]	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(75, 100]	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(100, 125]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(125, 150]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(150, 175]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	4
(175, 200]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	4
(200, 500]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	4

Tabela 2. Matriz de transição dos índices de preços (dados hipotéticos).

Início \ Fim	[0, 25]	(25, 50]	(50, 75]	(75, 100]	(100, 125]	(125, 150]	(150, 175]	(175, 200]	(200, 500]	Total
[0, 25]	75,0%	**25,0%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(25, 50]	0,0%	75,0%	**25,0%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(50, 75]	0,0%	0,0%	75,0%	**25,0%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(75, 100]	0,0%	0,0%	0,0%	75,0%	**25,0%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(100, 125]	0,0%	0,0%	0,0%	**25,0%**	75,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(125, 150]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**25,0%**	75,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4
(150, 175]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**25,0%**	75,0%	0,0%	0,0%	4
(175, 200]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**25,0%**	75,0%	0,0%	4
(200, 500]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**25,0%**	75,0%	4

significativa, sob a hipótese de convergência dos preços de terras agrícolas entre as regiões.

Como no exemplo anterior, a primeira linha mostra que havia no período inicial quatro regiões inseridas na primeira classe (com índice de preço inferior a 25). Conforme indicado anteriormente, o número de unidades *cross section* (ou regiões) pode ser consultado na última coluna da matriz. Nesse caso, contudo, a análise da primeira linha e da segunda coluna revela que uma das regiões (25% do total) passou para o segundo intervalo de classe (com índice de preço entre 25 e 50) no período final. A Tabela 2 mostra também que essa mesma transição ocorreu com todas as classes inseridas no intervalo fechado de 0 a 100.

No caso das classes que possuíam, no período inicial, índice de preço maior que 100, ocorreu justamente o oposto, com a passagem de uma região (25% do total) para um intervalo de classe imediatamente inferior. Desse modo, as informações da Tabela 2 constituem indícios de que houve um processo de convergência, ou seja, de redução da diferença dos preços de terras agrícolas entre as regiões avaliadas.

Na prática, caberá ao analista avaliar o percentual de regiões que passou para outro intervalo, inferindo sobre a possibilidade de convergência entre os preços de terras agrícolas. De modo geral, existem indícios de convergência quando: ocorrem movimentos à direita da diagonal principal na parte superior da matriz (índice de preço inferior à 100 no período inicial); ou à esquerda da diagonal principal na parte inferior da matriz (índice de preço igual ou maior do que 100 no período inicial). Naturalmente, movimentos em sentidos opostos constituem indícios de divergência entre os preços. Nesses casos, haveria aumento da variabilidade dos preços entre as regiões avaliadas (sempre lembrando que se trata do preço de um hectare de terra).

Fontes de dados

Aqui, os índices de preços relativos foram calculados a partir dos preços de terras agrícolas levantados pela FNP em 2003 e 2017. A FNP define 133 regiões brasileiras, que não são, necessariamente, iguais às microrregiões definidas pelo IBGE (Agrianual, 2017). Por causa de sua baixa participação na produção agropecuária, as regiões metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro não são pesquisadas pela instituição. Além disso, existem regiões para as quais os preços de terras para lavouras não são informados, e isso ocorre pelo fato de essas regiões FNP serem caracterizadas pelo predomínio de outros tipos (ou categorias) de terras.

Quanto às terras para lavouras, foram selecionados os preços das terras de maior produtividade (e com maior valor) em cada região. Na ausência dessa categoria, foram registrados os preços de terras de média e de baixa produtividades, nessa ordem. Em virtude da indisponibilidade de preços de terras para lavouras (durante todo o período de análise), não foram consideradas as regiões FNP de Imperatriz, MA, São Luís, MA, Redenção, PA, Ilhas, PA, Rio Branco, AC, Tarauacá, AC, Boca do Acre, AM, e Caracaraí, RR. Serão analisadas, portanto, 125 regiões definidas pela FNP.

Resultados e discussão

A Figura 4 mostra a distribuição dos índices de preços relativos de terras para lavouras no Brasil em 2003 e 2017. Para 2003, observa-se que as terras mais caras (com índice de preço acima de 200) se concentravam no Sul e Sudeste, principalmente no Paraná e em São Paulo. Nesses casos, as terras pertencentes à última classe ocupavam grande proporção, mas não a totalidade, desses dois estados. No extremo oposto, o Nordeste era caracterizado pelo predomínio de terras relativamente baratas, com índice de preço relativo abaixo de 25 (ou seja, abaixo de 25% da média nacional). A principal exceção correspondia à região FNP do Perímetro Irrigado de São Francisco, em Pernambuco, onde o preço da terra agrícola irrigável atingia elevado patamar, situando-se na penúltima classe.

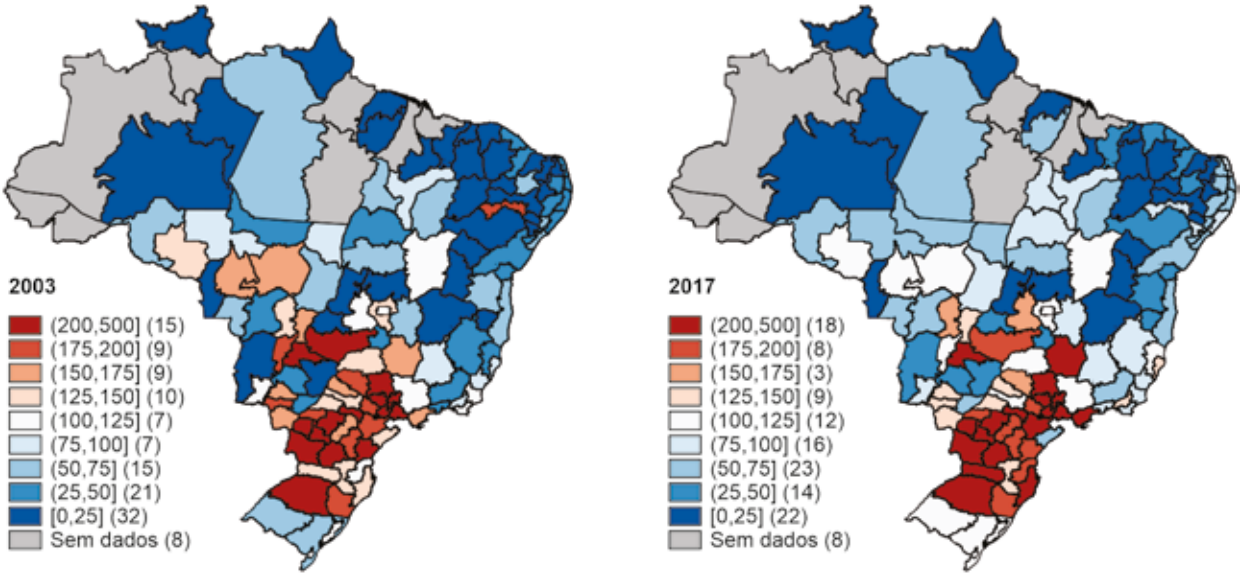


Figura 4. Brasil – faixas de índices de preços relativos de terra nua para lavoura em 2003 e 2017.

Fonte: elaborado com dados da FNP (Agrianual, 2004, 2018).

A Figura 4 revela também que, dentro dos estados (avaliados pelas regiões FNP), pode haver significativa diferença entre os preços. Além disso, observa-se a existência de *clusters*, ou seja, de grupos de regiões FNP que possuem contiguidade física, pertencentes a um mesmo intervalo. Para 2017, observa-se claramente a existência de um *cluster*, pertencente à última categoria (com índice de preço relativo de terras para lavoura acima de 200), que vai desde Passo Fundo, RS, até Araxá, MG. Naturalmente, os índices de preços relativos de terras (e, consequentemente, os *clusters*) mudam ao longo do tempo.

No Sul, de 2003 para 2017, houve aumento de preços relativos no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (Figura 4). No Paraná, em contrapartida, observou-se tendência de desvalorização relativa, especialmente nas regiões FNP que pertenciam à última classe. Além disso, é interessante observar que a maior parte dos *outliers*, com elevado patamar de preço da terra para lavoura, encontrava-se no Sul, particularmente no Paraná.

A Figura 5 mostra as funções de densidade de probabilidade para o Brasil e regiões. O traço vertical em cada gráfico indica o índice (igual a 100) correspondente ao preço médio da terra nua para lavoura em todo o País. Nas regiões, foi mantida a mesma fórmula de cálculo, que leva em conta o preço médio do hectare da terra nua para lavoura em nível nacional. Portanto, a estratégia consistiu em apresentar, de forma separada, os índices de preços das regiões FNP pertencentes às grandes regiões do Brasil. Assim, na cauda direita da função de densidade de probabilidade do Brasil há uma maior proporção de regiões pertencentes às macrorregiões Sul e Sudeste (definidas pelo IBGE), por exemplo. Já na cauda esquerda, estão principalmente as regiões FNP das macrorregiões Norte e Nordeste.

Essas funções mostram que o preço médio da terra para lavoura no Sul é significativamente maior do que nas demais regiões. Em 2003, a maior parte das regiões FNP do Sul estavam acima da média nacional (índice igual a 100). Observa-se também, de 2003 para 2017, significativa redução da variabilidade dos índices. A distribuição, anteriormente classificada como platicúrtica (achatada), torna-se leptocúrtica (pontiaguda), com valores mais concentrados em torno da média regional (índice médio de 206,3

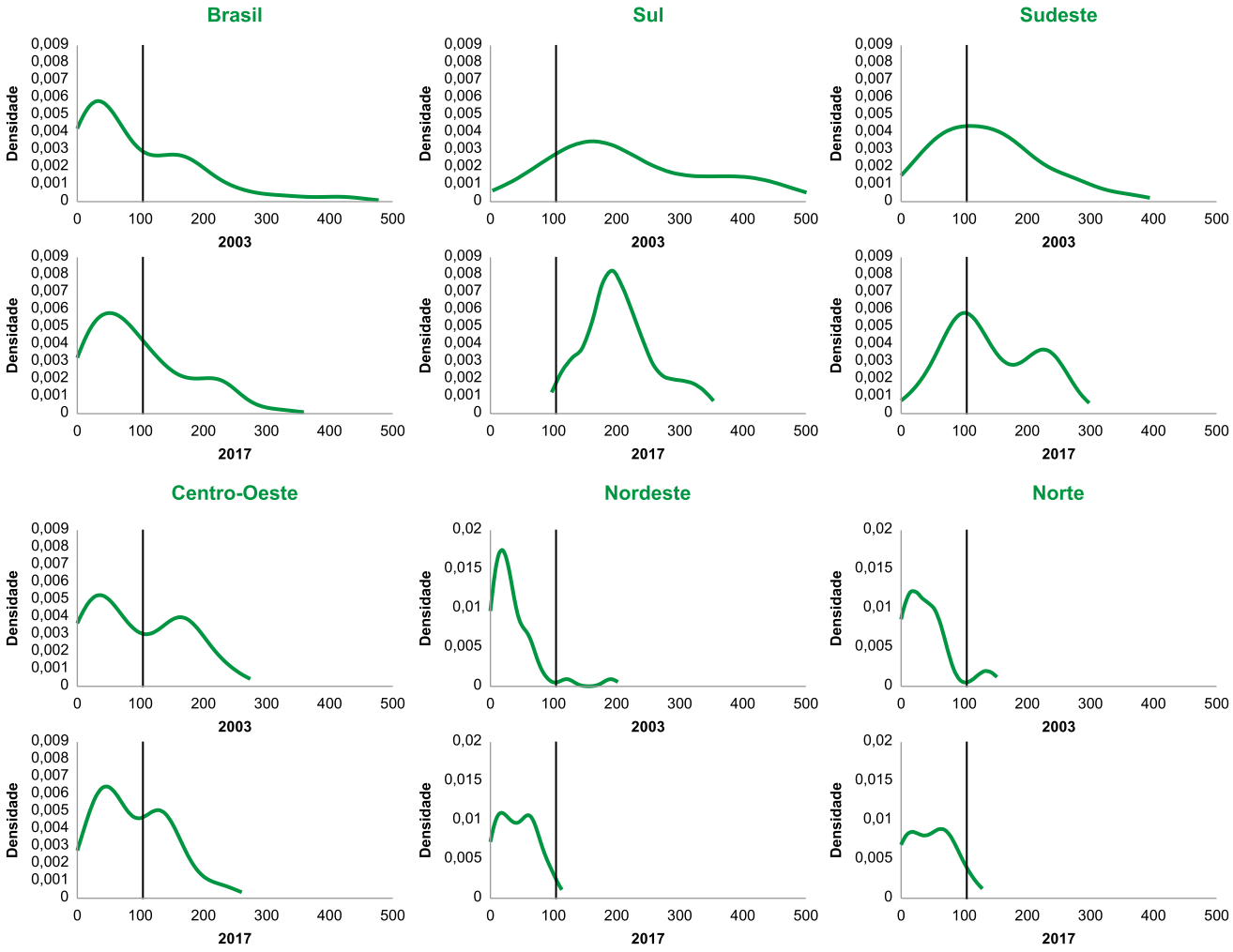


Figura 5. Brasil e regiões – distribuição do índice de preço do hectare da terra nua para lavoura (média =100) em 2003 e 2017.

em 2017). Além disso, chama a atenção o fato de o Sul não possuir, em 2017, nenhuma região FNP com preço de terra para lavoura abaixo da média nacional.

No caso do Sudeste, a função de densidade exibe, em 2003, distribuição moderadamente assimétrica à direita. Entre as regiões FNP da cauda superior, com terras para lavouras com preços bem acima da média regional, destacam-se Campinas, Piracicaba e Ribeirão Preto. Apesar disso, houve, de 2003 a 2017 no Sudeste, significativa redução da variabilidade do preço do hectare de terra para lavoura.

No Nordeste, a valorização relativa de terras para lavouras em algumas regiões FNP, que convergiram para classes superiores (com índice de preço entre 50 e 100), explica a mudança na função de densidade, que passou de leptocúrtica em 2003 para platicúrtica em 2017. Ainda que a maior parte dos preços tenha permanecido abaixo da média nacional, houve evolução favorável em termos de distribuição desses preços entre as classes previamente definidas. Além disso, é interessante observar que o preço do hectare da terra para lavoura no Perímetro Irrigado de São Francisco, anteriormente situado na cauda

superior da função de densidade, atravessou um processo de significativa desvalorização em relação à média nacional, e isso explica a redução da cauda superior de 2003 para 2017 para o Nordeste.

A Figura 5 mostra também o predomínio de terras para lavouras com baixo patamar de preço no Norte, mas houve evolução favorável em termos de preços relativos, com algumas regiões FNP passando para classes superiores. Esse foi o caso das microrregiões de Palmas e de Araguaína, no Tocantins, e a valorização explica a alteração na função de densidade da região Norte. Em 2003, tal função era leptocúrtica, com valores concentrados na primeira classe. Em 2017, contudo, ela torna-se platicúrtica, refletindo uma distribuição mais homogênea entre as classes de preços.

A matriz de transição dos preços relativos de terras para lavouras (Tabela 3) mostra que houve, de 2003 para 2017, significativa mudança em termos de distribuição dos preços relativos. Em primeiro lugar, chama a atenção o grande número de regiões FNP, anteriormente inseridas na primeira ou segunda classes (com índice de preço inferior a 50), que convergiu para classes superiores, atravessando um processo de acentuada valorização. Essas mudanças estão associadas, principalmente, à evolução dos preços dessas terras no Nordeste, bem como em algumas regiões FNP do Centro-Oeste e de Minas Gerais. No Centro-Oeste, por exemplo, houve intensa valorização dos preços de terras ocupadas com vegetação de Cerrado. Já em Minas Gerais, houve aumento de preços relativos em um território contíguo, abrangendo as microrregiões de Juiz de Fora, Governador Valadares e mesmo do Jequitinhonha, inserida no polígono das secas.

No caso de terras com índice relativo acima da média nacional, o que se observou – embora algumas regiões FNP tenham convergido para classes superiores – foi uma tendência geral de desvalorização relativa. Entre as regiões FNP que atravessaram esse processo, pode-se mencionar as de Curitiba, PR, e de Rio Verde, GO, que passaram da última para a penúltima classe (com índice de preço entre 175 e 200). De modo geral, a redução de preços relativos – que foi acompanhada de passagem para classes inferiores – concentrou-se nos em São Paulo, no Rio de Janeiro, em Mato Grosso e em Mato Grosso do Sul. Assim, a matriz de transição dos preços (Tabela 3) exibe indícios de que houve no Brasil, de 2003 para 2017, um processo de convergência dos preços de terras para lavouras. Isso significa que os preços de terras relativamente baratas, em regiões menos favorecidas, cresce-

Tabela 3. Brasil – matriz de transição dos índices de preços relativos de terra nua para lavouras entre microrregiões (média = 100) em 2003 e 2017.

Início \ Fim	[0, 25]	(25, 50]	(50, 75]	(75, 100]	(100, 125]	(125, 150]	(150, 175]	(175, 200]	(200, 500]	Total
[0, 25]	68,8%	**21,9%**	**6,3%**	**3,1%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	32
(25, 50]	0,0%	23,8%	**47,6%**	**23,8%**	**4,8%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	21
(50, 75]	0,0%	**13,3%**	53,3%	**20,0%**	**13,3%**	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15
(75, 100]	0,0%	0,0%	**28,6%**	42,9%	0,0%	**28,6%**	0,0%	0,0%	0,0%	7
(100, 125]	0,0%	0,0%	0,0%	**42,9%**	28,6%	0,0%	**14,3%**	**14,3%**	0,0%	7
(125, 150]	0,0%	0,0%	**10,0%**	0,0%	**40,0%**	20,0%	**10,0%**	0,0%	**20,0%**	10
(150, 175]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**22,2%**	**44,4%**	0,0%	**11,1%**	**22,2%**	9
(175, 200]	0,0%	0,0%	0,0%	**11,1%**	**11,1%**	**11,1%**	**11,1%**	44,4%	**11,1%**	9
(200, 500]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	**13,3%**	86,7%	15

Fonte: elaborado com dados da FNP (Agrianual, 2004, 2018).

ram de forma mais rápida, aproximando-se dos patamares que vigoravam nas demais regiões FNP. Mas quais seriam os fatores subjacentes à valorização dos preços de terras nessas regiões? De modo geral, a evolução favorável dos preços das commodities agrícolas, os investimentos em infraestrutura e algumas alterações relevantes na legislação (com a introdução do Novo Código Florestal) tiveram profundas consequências sobre a produção agropecuária no País.

Quanto ao primeiro e principal responsável pela valorização dos preços, a tendência de aumento dos preços de commodities agrícolas, os dados da FNP revelaram que o crescimento da área cultivada com soja esteve associado ao aumento do preço de terras em diferentes regiões do Brasil. Foi o que ocorreu, por exemplo, nas regiões de Uruguaiana e de Pelotas, no Rio Grande do Sul, onde a cultura passou a substituir o arroz, notadamente em terras com baixa disponibilidade de água (Agrianual, 2014). De modo semelhante, a evolução favorável das cotações de grãos contribuiu para o aumento de preços relativos de terras para lavouras nas regiões de Chapecó e de Florianópolis, em Santa Catarina (Agrianual, 2011).

No Centro-Oeste, por exemplo, a valorização relativa dos preços de terras para lavoura, nas regiões FNP de Barra do Garças e de Alta Floresta, em Mato Grosso, esteve associada à expansão da produção de soja, que avançou para terras anteriormente ocupadas pela pecuária extensiva. De modo semelhante, a valorização das terras ocupadas com a vegetação de Cerrado, em Mato Grosso do Sul e Goiás, decorreu não só das alterações introduzidas pelo Novo Código Florestal – tendo em vista a finalidade de compensação de Reserva Legal –, mas também da possibilidade de abertura de novas áreas, aptas ao cultivo de grãos (Agrianual, 2013; Bacha et al., 2018). O mesmo raciocínio pode ser aplicado, sem perda de generalidade, a regiões FNP que se destacaram pela acentuada valorização dos preços de terras para lavouras no Norte e Nordeste.

No Norte, a introdução de variedades precoces de soja desempenhou importante papel, permitindo o cultivo de milho 2ª safra – com consequente aumento da renda agropecuária – nas regiões FNP de Palmas e de Araguaína, no Tocantins (Alves et al., 2018). Evolução semelhante ocorreu na região de Paragominas, PA, que ainda contava com importantes vantagens comparativas: solos com pH adequado em grande parte do território; calendário de plantio diferente, permitindo a comercialização da soja com melhores preços; e a disponibilidade de mais de um canal para o escoamento da produção (Agrianual, 2005, 2006, 2007, 2008). Essas características tiveram, como consequência, o aumento dos preços relativos de terras para lavouras. No caso do Nordeste, mais especificamente na região FNP de Codó, MA, o aumento dos preços de terras para lavouras também esteve associado à conversão gradual do uso do solo, com as pastagens cedendo espaço para o cultivo de arroz e a subsequente produção de soja.

Além do aumento da demanda internacional e do seu impacto sobre os preços de commodities agropecuárias (especialmente grãos) – os principais fatores subjacentes ao aumento dos índices de preços relativos de terras (principalmente em áreas cobertas com cerrado) –, outros fatores concorreram para a valorização de terras no Centro-Oeste, Norte e Nordeste entre 2003 e 2017, reduzindo as diferenças em relação aos índices que vigoravam no Sul e Sudeste, particularmente no Paraná e em São Paulo. No Centro-Oeste, por exemplo, a expansão do setor sucroenergético elevou a demanda por terras para lavouras próximas às usinas. Conforme Shikida (2013), fatores como a baixa declividade e as boas condições edafoclimáticas, além de preços de terras relativamente baixos (comparados aos de regiões tradicionais de cultivo dessa lavoura, como São Paulo e Minas Gerais), atraíram investimentos do setor sucroenergético para lá.

No Rio Grande do Norte, a valorização dos preços de terras esteve associada, em grande medida, à instalação de parques eólicos e de linhas de transmissão de energia (Agrianual, 2013). Além

disso, o crescimento da densidade demográfica e, consequentemente, da urbanização, resultou em aumento dos preços de terras para lavouras no Leste Potiguar (Agrianual, 2014). Já na região FNP do Agreste Potiguar, a valorização de terras para lavouras esteve associada à instalação de várias processadoras de fécula de mandioca, cuja atuação terminou por elevar a renda agropecuária e, consequentemente, os preços de terras agrícolas da região (Agrianual, 2015).

Os fatores supracitados causaram profundas alterações na distribuição dos preços relativos de terras para lavouras entre 2003 e 2017. No Sul e Sudeste, por exemplo, o que se observou no período foi a expansão de um *cluster* de altos preços relativos (com índice de preço relativo acima de 175), que passou a abranger as regiões FNP de Chapecó, Florianópolis e Joinville, em Santa Catarina, e de Araxá, em Minas Gerais. Antes (em 2003), esse *cluster* de altos preços relativos se restringia aos estados de São Paulo e do Paraná (Figura 4). Nesse caso, o período em análise (2003 a 2017) parece ter sido caracterizado por uma expansão dos anéis de Von Thünen, motivada, principalmente, pelo aumento da demanda por grãos (sobretudo soja e milho) e seus impactos sobre a renda agropecuária e, consequentemente, sobre os preços de terras para lavouras no Sul e Sudeste. A Figura 4 mostra que essas alterações implicaram a formação de um extenso *cluster* de altos preços relativos de terras para lavouras que vai desde Passo Fundo, RS, até Araxá, MG. Alteração semelhante ocorreu na região do Matopiba, com a valorização relativa de terras para lavouras nas regiões FNP de Palmas e de Araguaína, no Tocantins. Essas regiões passaram a integrar, juntamente com a região de Balsas, no Maranhão, um novo *cluster* em 2017 (com índices de preços entre 75 e 100).

Conclusões

Foi objetivo deste trabalho analisar a evolução das diferenças entre os preços de terras para lavouras das regiões estipuladas pela Informa consultoria Economics FNP, indicando os fatores que podem ter levado à convergência (ou não) desses preços e diagnosticando possíveis *clusters*. Para isso, foram criados índices de preços relativos de terras, com dados divulgados pela FNP.

Os dados de preços da FNP foram analisados via cartografia temática, por meio de funções de densidade de probabilidade e por uma matriz de transição dos índices de preços. Com esses métodos, os índices de preços relativos de terras para lavouras (sempre considerando o preço da terra nua) foram avaliados para 2003 e 2017.

As evidências mostram uma nova distribuição relativa dos preços de terras no Brasil. Em linhas gerais, e de forma bastante simplificada, a tendência de aumento dos preços de grãos e investimentos em infraestrutura (como pavimentação de rodovias, instalação de ferrovias e ampliação de terminais portuários) ampliaram as distâncias físicas dentro das quais a produção de soja exibe viabilidade econômica, bem como vantagem em relação a outras atividades tradicionais, a exemplo da rizicultura no Rio Grande do Sul e da pecuária extensiva em grande parte do Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Nessas regiões, portanto, houve aumento da renda agropecuária e, consequentemente, dos preços de terras aptas ao cultivo de grãos, em perfeita consonância com a teoria de localização proposta por Von Thünen.

Conforme evidenciado nesta pesquisa, o período de 2003 a 2017 foi caracterizado por acentuada valorização de terras em regiões FNP nas quais vigorava um baixo patamar de preços, notadamente no Norte e Nordeste e em regiões do Centro-Oeste e de Minas Gerais. Aparentemente, houve um processo de convergência, ou seja, de redução das diferenças entre os preços de terras para lavouras nas diferentes regiões do Brasil. Talvez, não seja exagerada a afirmação de que o sucesso da base exportadora (em especial de grãos), em período recente, tenha contribuído para a urbanização e o desenvolvimento de regiões anteriormente relegadas ao atraso econômico, criando assim novos *clusters* de preços de terras agrícolas.

Referências

AGRIANUAL 2005: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2004. 520p.

AGRIANUAL 2006: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2005. 504p.

AGRIANUAL 2007: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2006. 515p.

AGRIANUAL 2008: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2007. 502p.

AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 497p.

AGRIANUAL 2010: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2009. 520p.

AGRIANUAL 2011: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2010. 482p.

AGRIANUAL 2012: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2011. 482p.

AGRIANUAL 2013: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2012. 480p.

AGRIANUAL 2014: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2013. 463p.

AGRIANUAL 2015: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2014. 472p.

AGRIANUAL 2016: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2015. 456p.

AGRIANUAL 2017: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2016. 432p.

AGRIANUAL 2018: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2017. 440p.

AGRIANUAL 2019: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2018. 448p.

ALVES, L.R.A.; BARROS, G.S.A. de C.; IKEDA, V.Y.; OSAKI, M. Estrutura de mercado e formação de preços na cadeia produtiva de soja. In: ALVES, L.R.A.; BACHA, C.J.C. (Org.). **Panorama da agricultura brasileira**: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos. Campinas: Alínea, 2018. cap.4, p.95-131.

BACHA, C.J.C. A determinação do preço de venda e de aluguel da terra na agricultura. **Estudos Econômicos**, v.19, p.443-456, 1989.

BACHA, C.J.C.; HARBS, R.; STEGE, A.L. Preços de terras no Brasil: diferenças entre fronteira e não fronteira agrícola. In: ALVES, L.R.A.; BACHA, C.J.C. (Org.). **Panorama da agricultura brasileira**: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos. Campinas: Alínea, 2018. cap.3, p.65-93.

BRANDÃO, A.S.P. O preço da terra no Brasil: verificação de algumas hipóteses. **Ensaios Econômicos da EPGE**, n.79, p.1-86, 1986.

BRANDÃO, A.S.P.; REZENDE, G.C. de. The behaviour of land prices and land rents in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMICS, 20., 1988, Buenos Aires. **Agriculture and Governments in an Interdependent World**: proceedings. Buenos Aires: IAAE, 1989. p.717-727.

CHANG, F.L.N.C. **Mudanças nos usos e preços de terras do Estado de São Paulo**: período de 1995 a 2010. 2012. 161p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIAS, G.L. da S.; VIEIRA, C.A.; AMARAL, C.M. **Comportamento do mercado de terras no Brasil**. Santiago de Chile: CEPAL, 2001. 83p. Disponível em: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4478/S01010083_pt.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 dez. 2017.

FERRO, A.B.; CASTRO, E.R. de. Determinantes dos preços de terra no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.51, p.591-610, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000300010.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 27. Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional: 2000. 276p.

GASQUES, J.G.; PAUWELS, L.; BASTOS, E.T.; GEBARA, J.J. Preços de terras no Brasil, financiamento e produtividade total dos fatores. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: Sober, 2006.

MONASTERIO, L.; CAVALCANTE, L.R. Fundamentos do pensamento econômico regional. In: CRUZ, B.O.; FURTADO, B.A.; MONASTERIO, L.; RODRIGUES JÚNIOR, W. (Org.). **Economia regional e urbana**: teorias e métodos com ênfase no Brasil. Brasília: IPEA, 2011. cap.2, p.43-77.

MYRDAL, G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas**. Rio de Janeiro: Saga, 1965. 240p.

NORTH, D.C. Location theory and regional economic growth. **Journal of Political Economy**, v.63, p.243-258, 1955. DOI: https://doi.org/10.1086/257668.

OLIVEIRA, J.T.; COSTA, I.D.N. Evolução recente do preço de terra no Brasil: 1966-1974. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.15, p.259-276, 1977.

PLATA, L.E.A. **Mercados de terras no Brasil**: gênese, determinação de seus preços e políticas. 2001. 115p. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PSYCHARIS, I. The new landscape of regional inequalities in the European Union in the aftermath of economic crisis: analysis and policy challenges for the programming period post-2020. In: ERSA CONGRESS, 59., 2019, Lyon. **Cities, regions and digital transformations**: opportunities, risks and challenges. Lyon: ERSA, 2019. p.1-52.

RAHAL, C.S. **A evolução dos preços da terra no estado de São Paulo**: análise de seus determinantes. 2003. 172p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

REYDON, B.P. **Mercados de terras agrícolas e determinantes de seus preços no Brasil**: um estudo de casos. 1992. 322p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000045371>. Acesso em: 24 jan. 2012.

REYDON, B.P.; PLATA, L.E.A.; SPAROVEK, G.; GOLDSZMIDT, R.G.B.; TELLES, T.S. Determination and forecast of agricultural land prices. **Nova Economia**, v.24, p.389-408, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-6351/1304.

RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 284p.

SHIKIDA, P.F.A. Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. **Revista de Política Agrícola**, ano22, p.122-137, 2013.

WILLIAMSON, J.G. Regional inequality and the process of national development: a description of the patterns. **Economic Development and Cultural Change**, v.13, p.1-84, 1965. DOI: https://doi.org/10.1086/450136.

Impactos da inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil[1]

Franco Muller Martins[2]
Arlei Coldebella[3]
João Dionísio Henn[4]
Rugnan Huguenin da Silveira[5]
Elenita Ruttscheidt Albuquerque[6]
Jalusa Deon Kich[7]

Resumo – Este trabalho descreve os potenciais impactos da adoção de procedimentos de inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil. A inspeção baseada em risco foi regulamentada pela Instrução Normativa nº 79, de 14 de dezembro de 2018. O estudo baseia-se em resultados obtidos em testes-piloto realizados em quatro estabelecimentos, em entrevistas semiestruturadas com auditores fiscais e gerentes e em dados sobre o Sistema de Inspeção Federal de Suínos no Brasil. Para o serviço oficial, a inspeção baseada em risco melhora a eficiência dos processos e a alocação de recursos humanos, permitindo assim que veterinários e agentes de inspeção centralizem esforços em procedimentos que controlam os perigos biológicos mais críticos para a saúde pública e em auditorias sobre autocontroles realizados pelos estabelecimentos. Para as agroindústrias, há melhorias na gestão da qualidade e redução de perdas por condenação. Há também redução da quantidade de funcionários cedidos para auxiliar o serviço oficial de inspeção.

Palavras-chave: alimento seguro, carne suína, saúde pública, suinocultura.

Impacts of risk-based inspection on swine slaughter in Brazil

Abstract – This work analyzes the potential impacts of the implementation of risk-based inspection procedures in swine slaughtering in Brazil. The risk-based inspection procedures were officially regulated through the regulatory instruction n.º 79 set on December 14, 2018 (Instrução Normativa n.º 79 de 14/12/2018). The study draws on results of pilot tests carried out in four slaughterhouses, semistructured interviews with official inspectors and plant managers, and data on the Federal Inspection System. As to the official service, the risk-based inspection improves the procedures efficiency and the allocation of human resources. Moreover, it allows veterinarian doctors and official inspectors to focus on procedures to control biological hazards that are critical for public

[1] Original recebido em 4/10/2021 e aprovado em 26/1/2022.

[2] Engenheiro Agrícola, doutor em Administração, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves. E-mail: franco.martins@embrapa.br

[3] Médico Veterinário, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves. E-mail: arlei.coldebella@embrapa.br

[4] Zootecnista, doutor em Zootecnia, analista da Embrapa Suínos e Aves. E-mail: joao.henn@embrapa.br

[5] Médico Veterinário, mestre em Medicina Veterinária, auditor fiscal federal agropecuário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. E-mail: rugnan.silveira@agricultura.gov.br

[6] Médica Veterinária, mestre em Inspeção e Tecnologia de Alimentos, auditora fiscal federal agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. E-mail: elenita.albuquerque@agricultura.gov.br

[7] Médica Veterinária, doutora em Ciências Veterinárias, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves. E-mail: jalusa.kich@embrapa.br

health, and on audits on the control procedures carried out by the slaughterhouse staff. Regarding agro-industries, the main benefits are improvements on the quality management and reduction of condemnation losses. Furthermore, the risk-based inspection reduces the number of employees that are assigned to support the official service in the inspection procedures.

Keywords: food safety, pork, public health, swine production.

Introdução

A cadeia produtiva da carne suína é importante geradora de divisas para o agronegócio brasileiro. O Brasil é o quarto maior produtor e exportador global de carne suína. De 2015 a 2019, o País produziu, em média, 3,74 milhões de toneladas por ano e exportou o volume anual médio de 770 mil toneladas – 3,4% da produção e 9,21% das exportações globais (Estados Unidos, 2021). O mercado interno, que absorve cerca de 80% da produção brasileira, é abastecido com uma variada gama de cortes e produtos processados e distribuídos por agroindústrias de marcas consolidadas. A carne suína brasileira chega a 81 países, incluindo os mercados mais exigentes quanto a padrões sanitários e de qualidade em produtos e processos (ABPA, 2020).

A produção brasileira de suínos é desenvolvida com o uso de tecnologias modernas, que asseguram níveis competitivos de produtividade. As práticas agropecuárias que envolvem manejos sanitário e nutricional, bem-estar animal e manejo de dejetos estão alinhadas à legislação brasileira e a padrões internacionais de produção de alimentos. Mais de 80% da produção brasileira é coordenada por contratos de produção – entre agroindústrias e produtores – em que produtores recebem assistência técnica e insumos de produção e seguem protocolos de qualidade definidos pelas agroindústrias (Miele & Waquil, 2007; Martins et al., 2017).

Os estabelecimentos que abatem e processam carne suína adotam procedimentos operacionais e sistemas de gestão da qualidade alinhados a normas internacionais de segurança dos alimentos e exigências de compradores. A despeito dos padrões exigidos pelos compradores, as matérias-primas, processos e produtos precisam estar em conformidade com regulamentos estabelecidos por órgãos oficiais. Nesse sentido, cada país estabelece sua legislação alinhada a requisitos aceitos internacionalmente, seguindo princípios de equivalência estabelecidos na Organização Mundial do Comércio. As normas que regulam a segurança de processos e produtos alimentares seguem dois princípios básicos. O primeiro é proteger a saúde dos consumidores dos riscos associados ao consumo dos produtos. O segundo é promover o uso eficiente de recursos utilizados nos processos que envolvem sua aplicação (Antle, 1999; Unnevehr, 2015; Pointon et al., 2018; Alban et al., 2021).

A vigilância sanitária ativa em alimentos de origem animal é feita por um sistema de inspeção nos estabelecimentos de abate e/ou processamento. No Brasil, esse sistema opera nas esferas federal, estaduais e municipais, que definem a abrangência de comercialização. Na esfera federal, ele é normatizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (Riispoa) (Decreto nº 9.013/2017) (Brasil, 2017) e executado pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Dipoa) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), por meio do Serviço de Inspeção Federal (SIF).

No abate de suínos, os principais procedimentos de inspeção em abatedouros são as avaliações *ante* e *post mortem* de animais, carcaças e vísceras. Na inspeção *ante mortem*, faz-se a avaliação de documentos e o boletim sanitário do lote e o exame dos animais para a organização do abate. Já na *post mortem*, são avaliados defeitos e lesões nas carcaças e nas vísceras por meio de visualização, palpação e incisões. Além disso, o serviço de inspeção sanitária realiza a fiscalização das condições higiênico-sanitárias das instalações, equipamentos, processos, maté-

rias-primas e produtos, bem como a emissão e registro de documentos. Os sistemas/serviços de inspeção, portanto, demandam o uso de recursos humanos, sistemas de informação, equipamentos, instalações e estrutura gerencial de suporte.

A modernização da suinocultura brasileira trouxe avanços em biosseguridade que eliminaram patógenos responsáveis por lesões detectáveis no abate. Mas a concentração dos animais possibilita a transmissão de bactérias zoonóticas, não visíveis na linha de abate, controladas por programas de autocontrole com verificação oficial. Essa alteração no perfil de risco dos produtos determina a necessidade de revisão dos sistemas de inspeção para ajustar procedimentos e dimensionar recursos de acordo com os riscos (Alban et al., 2018; Pointon et al., 2018). Atualmente, a maioria dos perigos à saúde do consumidor provém de microrganismos que não causam lesões observáveis nas linhas de inspeção. Além disso, em geral, os procedimentos tradicionais (cortes, incisões e manipulação de carcaças e vísceras) podem contribuir para a contaminação do ambiente de trabalho, e dos produtos, por agentes bacterianos, como a *Salmonella sp.* (Buncic et al., 2019; Kich et al., 2019; Alban et al., 2021). Nesse contexto, importantes produtores globais de carnes estão direcionando seu foco para os riscos que realmente ameaçam a inocuidade dos alimentos. Países da União Europeia e dos Estados Unidos vêm utilizando instrumentos de avaliação de risco para estabelecer novas configurações nos procedimentos de inspeção e incorporar conceitos de controle sanitário a toda cadeia produtiva (EFSA, 2011; Estados Unidos, 2018; Buncic et al., 2019). A inspeção baseada em risco permite que os tomadores de decisão dimensionem esforços e recursos ajustados aos riscos avaliados. Experiências de alguns países mostram que tais mudanças se refletem na redução do número de pessoas que atua nas linhas de inspeção e em melhorias nos sistemas de gestão (Alban et al., 2018; Buncic et al., 2019).

No Brasil, o Mapa, atento aos cenários que influenciam mudanças na percepção de risco e às estratégias adotadas nos principais países produtores, vem coordenando ações que visam consolidar a adoção de procedimentos baseados em risco na inspeção de produtos de origem animal. Com o objetivo de definir alterações nos procedimentos de inspeção nos abates de suínos, o Mapa, através do Dipoa, demandou à Embrapa Suínos e Aves o projeto de pesquisa "Revisão e modernização dos procedimentos de inspeção *ante e post mortem* aplicados em abatedouros frigoríficos de suínos com inspeção federal".

Este trabalho, cujo objetivo é analisar os impactos da inspeção baseada em risco no abate de suínos no Brasil, discute os marcos legais para a inserção dos procedimentos baseados em risco na inspeção de estabelecimentos de abates suínos no Brasil e explica as principais ações do projeto de modernização. Além disso, explica as principais características da estrutura do Serviço de Inspeção Federal relacionadas ao abate de suínos e descreve as principais mudanças e impactos decorrentes da implementação dos procedimentos da inspeção baseados em risco.

Marco legal e o projeto de modernização

O primeiro regulamento oficial com diretrizes para a inspeção de produtos de origem animal no País foi o Decreto 30.691, de 29 de março de 1952 (Brasil, 1952). Desde então, a legislação incorporou normas complementares visando adaptar os procedimentos de inspeção às mudanças em padrões de segurança para o consumidor e às evoluções tecnológicas nas cadeias de produção agroalimentares. No que se refere ao abate de suínos, a Portaria 711/1995 (Brasil, 1995) definiu procedimentos de inspeção *ante e post mortem* realizados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). Essa portaria inclui procedimentos como avaliações de documentos, animais vivos, carcaças e vísceras. No entanto, o desenvolvimento tecnológico da suinocultura industrial brasileira vem promovendo melhorias substanciais na eficiência produtiva, na qualidade de processos e produtos e na redução no risco atribuído aos animais que chegam ao abate. Essa nova realidade determinou

a necessidade de revisar e alterar os atuais procedimentos de inspeção.

O marco regulatório que permite alterar procedimentos de inspeção de origem animal foi o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (Brasil, 2017), recentemente alterado pelo Decreto nº 10.419, de 7 de julho de 2020 (Brasil, 2020). O decreto determina que o Mapa poderá alterar os procedimentos de inspeção

> [...] mediante a aplicação da análise de risco, de acordo com o nível de desenvolvimento tecnológico, envolvendo, no que couber, toda a cadeia produtiva, segundo os preceitos instituídos e universalizados, com vistas à segurança alimentar (Brasil, 2017, art.13).

O projeto de modernização dos procedimentos de inspeção demandado pelo Mapa/Dipoa foi executado entre março de 2015 e março de 2019 por meio de planos de ação que, coordenadamente, caracterizaram a situação brasileira em relação às detecções do sistema atual de inspeção de carnes; priorizaram os perigos atribuídos ao consumo de carne suína, determinando os patógenos mais relevantes a serem controlados; revisaram a legislação aplicável; analisaram os procedimentos de inspeção *ante* e *post mortem* atuais; produziram dados para embasar decisões; e compararam e validaram a mudança de procedimentos em seis estabelecimentos, de quatro estados brasileiros, com diferentes níveis de tecnologia aplicada ao abate (Kich et al., 2019). O projeto contou majoritariamente com a atuação de pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e de outras instituições que colaboraram em ações específicas. Os Auditores Fiscais Federais Agropecuários do Dipoa (AFFAs), especialistas nas inspeções *ante* e *post mortem* de suínos, contribuíram com o suporte técnico para assuntos que demandavam pareceres com o prisma do serviço oficial.

O principal resultado do projeto foi o embasamento técnico para a implementação da Instrução Normativa (IN) nº 79, do Ministério da Agricultura, publicada em 14 de dezembro de 2018, que regulamenta o sistema de inspeção baseado em risco para suínos (Brasil, 2018a). A pesquisa também gerou respaldos técnicos para a formulação de duas normas paralelas, também inseridas no contexto de modernização de procedimentos de inspeção. A primeira foi a Portaria nº 1.304, publicada em 7/10/2018, que elimina a restrição para exportação das carcaças submetidas a avaliações complementares do Departamento de Inspeção Final (DIF) (Brasil, 2018b). A segunda foi a Instrução Normativa nº 60, publicada em 20 de dezembro de 2018, que define critérios microbiológicos para autocontrole (pelos estabelecimentos) e controle oficial de carcaças de suínos (Brasil, 2018c). As alterações especificadas nesses instrumentos direcionam o foco do serviço oficial aos perigos à saúde pública e atribuem às agroindústrias (estabelecimentos) a realização de autocontroles de processos de qualidade. A adesão ao sistema de inspeção baseado em risco no abate de suínos no Brasil é voluntária até 2028 – depois, será obrigatória –, mas até o momento poucos estabelecimentos iniciaram sua implementação. Assim, este estudo é baseado em resultados preliminares obtidos nas avaliações realizadas durante o projeto (avaliação de risco e testes-piloto, por exemplo) e entrevistas com auditores fiscais e gerentes dos estabelecimentos onde os procedimentos foram validados. Essas informações permitiram estimar como os novos procedimentos impactam o tempo e os recursos humanos empregados na inspeção.

O Serviço de Inspeção Federal em abatedouros de suínos no Brasil

No Brasil, o Serviço de Inspeção Federal (SIF) em abatedouros e agroindústrias processadoras de outras matérias-primas oriundas da produção animal é coordenado pelo Dipoa, que é subordinado à Secretaria de Defesa Agropecuária (DAS) do Mapa. O Dipoa elabora diretrizes para a inspeção e fiscalização de produtos e contribui para a promoção do agronegócio brasileiro através de articulações com órgãos competentes

do Mapa e entidades do setor produtivo. Por meio dessas ações, o Dipoa subsidia a posição brasileira nos fóruns internacionais que regulam medidas técnicas e comerciais e iniciativas que visam à conquista de novos mercados.

De acordo com Martins et al. (2020),

> Em 2018, no que se refere ao abate de suínos, o SIF atuava em 88 estabelecimentos registrados. Entre 2015 e 2018, o sistema inspecionou uma média de 30,9 milhões de suínos abatidos por ano. A maior parte dos estabelecimentos de abate de suínos sob inspeção federal (58%) está instalada na região Sul do Brasil, mas há importante concentração nas regiões Sudeste (28%) e Centro-Oeste (10%). Os demais 4% estão distribuídos nas regiões Norte e Nordeste. No período da pesquisa, a capacidade (aprovada) média de abate dos estabelecimentos era de 2.059 suínos por dia. O estabelecimento com menor capacidade abatia 50 suínos por dia e o de maior capacidade abatia 7.500 suínos por dia. (Martins et al., 2020, p.14).

Para realizar os procedimentos de inspeção em produtos de origem animal, o SIF conta, no seu quadro efetivo, com Auditores Fiscais Federais Agropecuários (AFFAs), com formação em medicina veterinária, e Técnicos Fiscais Federais Agropecuários (TFFAs), com formação de nível médio em diferentes áreas. Resumidamente, pode-se dizer que esses profissionais realizam procedimentos de inspeção *ante* e *post mortem* e atividades relacionadas à fiscalização de instalações, processos, matérias-primas, auditorias e à emissão e organização de documentos.

Os AFFAs realizam três grandes grupos de atividades: 1) Avaliações clínicas e epidemiológicas no *ante mortem* (animais, e respectiva documentação) e no *post mortem* (nas linhas de inspeção); 2) Auditorias sobre informações sanitárias dos lotes, incluindo uso de medicamentos e rações e cumprimento de requisitos internacionais de certificação; e 3) Auditorias sobre procedimentos de avaliação e classificação *ante mortem* e *post mortem* realizados pelo estabelecimento que abate os animais. Os TFFAs fazem avaliação e classificação de animais, carcaças, partes, vísceras e de autocontroles realizados pelo estabelecimento (Kich et al., 2019; Martins et al., 2020).

O serviço de inspeção conta também com profissionais não pertencentes ao quadro oficial para auxiliar na execução das atividades. Nesse contexto, há profissionais com formação em medicina veterinária e há não veterinários. Os veterinários são contratados em caráter temporário, em conformidade com a Lei 8.745 de 9/12/1993, para dar suporte às atividades dos AFFAs, realizando as avaliações clínicas e epidemiológicas no *ante mortem* e no *post mortem*. Os não veterinários são funcionários cedidos pelo próprio estabelecimento que realiza os abates para auxiliar os TFFAs nas rotinas operacionais do serviço de inspeção. A cedência desses profissionais é regulada pelo artigo 73 do Riispoa (Brasil, 2017).

Em média, cada estabelecimento conta com um AFFA e dois TFFAs por turno de trabalho. O número médio de auxiliares cedidos é de 13,9 profissionais por estabelecimento. Esse número varia de acordo com a capacidade e velocidade de abate e conforme características estruturais, como o leiaute das instalações e as tecnologias utilizadas nas linhas de inspeção. O estabelecimento de maior capacidade identificado no período da pesquisa (7.200 suínos/dia) contava com 12 TFFAs e 42 auxiliares por turno.

Métodos

Este estudo, de caráter exploratório, é baseado em informações obtidas durante a execução do projeto "Revisão e modernização dos procedimentos de inspeção *ante e post mortem* aplicados em abatedouros frigoríficos de suínos com inspeção federal" e publicações geradas a partir de sua execução. As mudanças nos procedimentos de inspeção foram definidas a partir da avaliação de risco realizada na primeira etapa do projeto de modernização (Costa et al., 2017). Essa avaliação foi baseada em informações relativas a abates realizados em todos os estabelecimentos registrados no SIF, os quais abrangem aproximadamente 86% do abate de suínos no Brasil (IBGE, 2018). Os animais abati-

dos nesses frigoríficos são oriundos de sistemas de produção industrial e submetidos a controle veterinário oficial.

Para a validação dos procedimentos de inspeção baseados em risco, foram feitos testes-piloto em quatro estabelecimentos – um no Rio Grande do Sul, dois em Santa Catarina e um no Paraná. Nos testes, foram feitas cronoanálises para a compararação dos tempos utilizados nos procedimentos de inspeção – *ante e post mortem* – tradicional e baseado em risco. Os abatedouros possuem diferentes velocidades de abate: 160 suínos/hora; 310 suínos/hora; 400 suínos/hora e 550 suínos/hora, e os testes-piloto foram realizados no período de 19/2/2018 a 13/7/2018. Esses testes permitiram estimar o impacto dos procedimentos baseados em risco nos tempos e recursos humanos empregados na inspeção.

A proposta de modernização foi documentada através de opinião cientifica (Kich et al., 2019). Dados que subsidiaram a avaliação, como volumes de abate, desvios e condenações de carcaças, registrados no Sistema de Informações Gerenciais do Sistema de Inspeção Federal (SIGSIF) foram documentados e analisados em documento específico (Coldebella et al., 2018).

Para obter informações mais específicas relacionadas aos impactos da modernização dos procedimentos, foram feitas visitas às instalações e entrevistas semiestruturadas com AFFAs e gerentes dos estabelecimentos onde os procedimentos foram testados. As principais informações levantadas nessa etapa referem-se a aspectos operacionais que influenciam a inspeção e à percepção dos entrevistados sobre os possíveis impactos da modernização dos procedimentos. As entrevistas ocorreram de março a junho de 2018. Informações detalhadas sobre os procedimentos de inspeção *ante* e *post mortem* nos estabelecimentos foram obtidas via questionário estruturado enviado, no segundo semestre de 2018, aos AFFAS de todos os estabelecimentos que abatem suínos sob inspeção federal (SIF) no Brasil. O questionário, respondido de forma eletrônica, incluiu perguntas sobre aspectos como capacidade e velocidade de abate, turnos de trabalho, recursos humanos, infraestrutura, atividades administrativas realizadas pelo SIF, qualidade dos animais recebidos e de processos. Essas informações foram analisadas em documento específico (Martins et al., 2020).

O estudo utilizou também informações complementares relativas à inspeção do abate de suínos no Brasil, registradas no SIGSIF e disponibilizadas pelo Dipoa. Quanto ao foco da análise de impacto, o estudo analisa como os procedimentos de inspeção baseados em risco influenciam o tempo e a mão de obra necessários à realização dos procedimentos de inspeção.

Inspeção baseada em risco

Aspectos gerais das mudanças nos procedimentos de inspeção

A avaliação de risco permitiu identificar os perigos biológicos mais críticos para a saúde pública e, assim, embasar modificações nos procedimentos de inspeção. Verificou-se que os perigos de risco mais alto não se manifestam clinicamente e, por isso, não são diretamente detectáveis nos lotes de suínos que chegam ao abatedouro. Além disso, no sistema tradicional, a intensa manipulação de carcaças e vísceras, necessária para a identificação de lesões, pode provocar a disseminação de perigos bacterianos de alto risco.

Portanto, a proposta de inspeção com base em risco prevê uma reorganização das atividades realizadas pelo serviço oficial e pelas agroindústrias. De acordo com a proposta, o serviço oficial monitora diretamente os procedimentos que controlam perigos efetivos à inocuidade dos produtos. À agroindústria caberá executar autocontroles e classificações com foco na qualidade dos produtos, descartando ou tratando adequadamente os produtos impróprios para o consumo. Esses autocontroles devem ser coordenados por um médico veterinário responsável (MVR) contratado pela agroindústria. Caberá ao serviço oficial realizar auditorias nesses autocontroles.

Procedimentos de inspeção *ante mortem*

O regulamento da inspeção baseada em risco define que os classificadores (funcionários do estabelecimento) devem realizar a recepção e a segregação dos suínos, sob a coordenação do MVR.

Esse profissional dever registrar as informações da cadeia produtiva presentes na documentação que acompanha os lotes de animais destinados ao abate. As principais informações registradas nessa etapa referem-se a períodos de carência para uso de medicamentos, históricos de doenças e cumprimento de requisitos para exportação. Nesse contexto, o MVR deve notificar o médico veterinário oficial (MVO) sobre doenças na produção e outros sintomas clínicos observados nos animais. Caberá também ao MVR avaliar, identificar e segregar animais que apresentarem sintomas clínicos, animais mortos no transporte até o abatedouro ou sacrificados na recepção, para serem avaliados ou necropsiados pelo MVO. O MVO, por sua vez, deverá analisar a documentação dos lotes avaliados pelo MVR, realizar exame clínico nos animais segregados e identificar lotes de animais que precisam passar por avaliação mais criteriosa nos processos *post mortem*. O MVO deverá também registrar as informações passadas pelo MVR, liberar lotes para o abate e tomar ações de saúde animal baseadas nas informações recebidas.

Outra mudança nos procedimentos *ante mortem* refere-se à avaliação dos animais disponibilizados (não segregados) ao abate depois da avaliação documental. A avaliação passa a ser realizada com os animais em descanso, e essa mudança tem o impacto mais relevante no tempo utilizado pelo MVO nos procedimentos de inspeção *ante mortem*. Assim, nos testes-piloto, esse foi o procedimento cujos tempos foram mensurados. No estabelecimento com velocidade de 550 suínos/hora, por exemplo, observou-se que a adoção dos novos procedimentos permitiu que o MVO reduzisse de 299 para 136 minutos (55%) o tempo dedicado à avaliação dos suínos. Nos demais estabelecimentos, com menores velocidades, a redução ficou entre 32% e 38% (Figura 1). Baseada nas avaliações feitas nos testes, a equipe do projeto determinou que na inspeção *ante mortem* as estruturas devem ser dispostas de forma a permitir que o MVO visualize os suínos a uma distância máxima de dez metros.

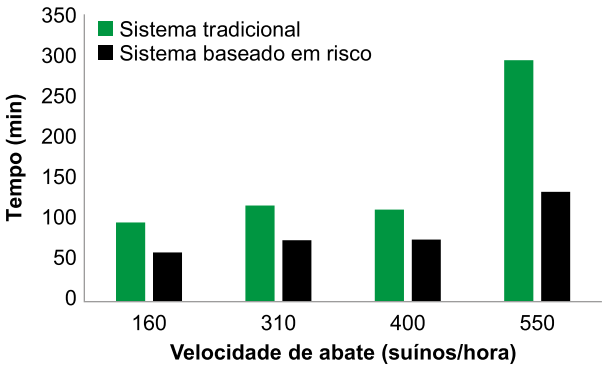


Figura 1. Tempo (min) que o MVO utiliza na avaliação dos animais nos sistemas de inspeção – tradicional e baseado em risco – conforme a velocidade de abate de estabelecimentos selecionados.

A equipe do projeto avaliou também, em caráter complementar, como as características das estruturas na área *ante mortem* influenciam o tempo das avaliações do serviço oficial. Para isso, foi feita uma comparação entre dois estabelecimentos de capacidades de abate semelhantes, mas com condições estruturais distintas. Os números de animais abatidos foram de 3.393 e 3.006 suínos, e os tempos totais utilizados pelos MVOs na avaliação *ante mortem* foram, respectivamente, de 214 e 47 minutos. Ou seja, para volumes de abate que diferiam em 12%, a diferença no tempo das avaliações foi de 355%. No estabelecimento cujo tempo de avaliação foi menor, o leiaute e a presença de corredores/passarelas facilitaram sobremaneira os procedimentos do MVO.

Procedimentos de inspeção *post mortem*

Os procedimentos de inspeção *post mortem* foram ajustados considerando a rele-

vância dos diagnósticos para a saúde pública e a necessidade de reduzir perigos decorrentes de manipulação e cortes em carcaças e vísceras. Assim, a inspeção baseada em risco exclui do escopo de procedimentos do serviço oficial as avaliações que não detectam perigos para o consumo da carne suína.

Essas avaliações, que são atribuição do estabelecimento de abate, passam a constituir dois tipos de procedimentos: procedimentos de classificação realizados nas linhas de inspeção; e exames realizados pelo MVR no Departamento de Exame Complementar (DEC) para os casos em que as partes examinadas apresentarem alterações decorrentes da ação de agentes causadores de doenças em humanos. Para suporte à avaliação visual local, o estabelecimento deve executar controles microbiológicos específicos previstos na IN 60, de 20 de dezembro de 2018 (Brasil, 2018c). O serviço oficial, por sua vez, faz auditorias amostrais para avaliar a conformidade das classificações com as previsões normativas e a coerência técnica das ações executadas pelo estabelecimento. Sempre que falhas de qualidade forem detectadas, ações cabíveis deverão ser tomadas.

Assim, o sistema de inspeção baseado em risco exclui nove dos 37 procedimentos *post mortem* previstos na inspeção tradicional, realizados na língua, papada e rins. Para suínos terminados, o único procedimento oficial previsto para e execução nas linhas de abate é a inspeção dos linfonodos mesentéricos. A Figura 2 mostra, esquematicamente, para o sistemas tradicional e baseado em risco, os procedimentos *post mortem* e as atribuições do serviço oficial e do estabelecimento de abate.

Os procedimentos de inspeção baseados em risco reduzem a necessidade de pessoal. As cronoanálises durante os testes-piloto mostraram que a soma do número de funcionários do serviço oficial – agentes de inspeção (AIs) – atuando nas linhas (mesentério) com o número de funcionários do estabelecimento nas atividades de avaliação e classificação foi menor do que o número total de pessoas que atuam exclusivamente para auxiliar o serviço oficial na inspeção tradicional (Tabela 1).

O impacto da inspeção baseada em risco sobre tempo que o MVO dedica aos procedimentos no DIF foi estimado em função da redução da taxa de desvios de carcaças para aquele departamento. O cálculo considerou como referências as taxas média e máxima identificadas nos registros do SIGSIF (10,2% e 18,5%, respectivamente), decorrentes de lesões que, na maioria, não oferecem riscos à saúde pública. Assim, na inspeção baseada em risco, o DIF deve atuar apenas em carcaças que, com base no exame dos linfonodos

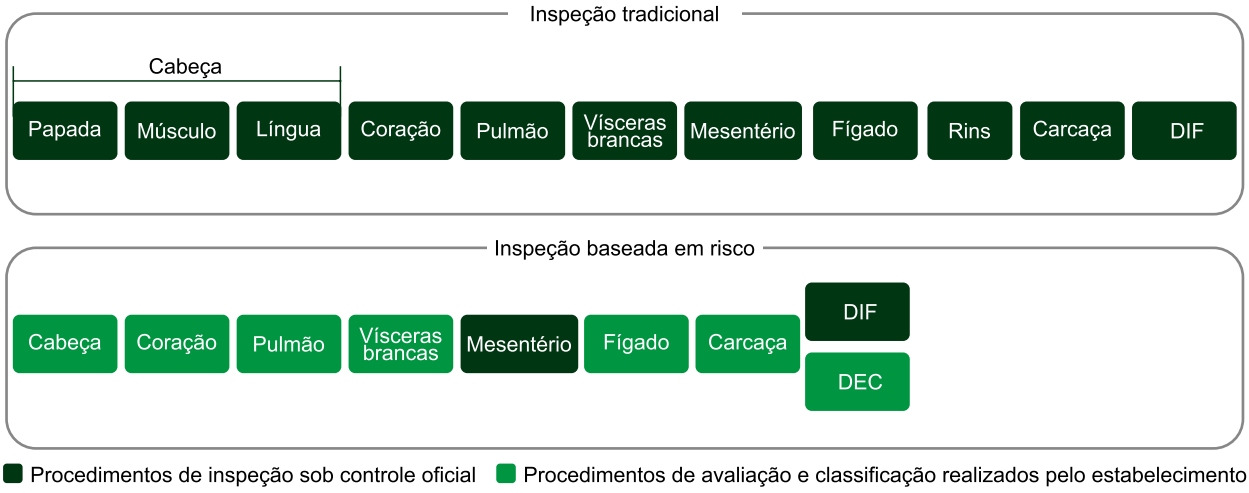


Figura 2. Inspeção *post mortem* – sistemas tradicional e baseado em risco.

Tabela 1. Impacto da modernização na quantidade de auxiliares de inspeção (AI) e de auxiliares para avaliação e classificação.

Suínos/hora	Inspeção tradicional	Inspeção baseada em risco	
		AI	Funcionários do estabelecimento
160	5	1	3
310	9	2	5
400	12	2	6
550	16	3	8

do mesentério (Figura 2), exibam lesões compatíveis com a linfadenite. Nos registros do SIGSIF, as taxas média e máxima de desvios decorrentes desse tipo de lesão foram, respectivamente, de 0,25% e 1,1%. Portanto, a mudança promove redução significativa no tempo que o MVO utiliza para avaliar lesões no DIF. Por exemplo, tendo por base a taxa média de desvios de 10,2%, observada no sistema tradicional, a redução para 0,25% (inspeção baseada em risco) implica economia de 264 minutos (92,3%) no estabelecimento de maior velocidade e 73 minutos (82%) no estabelecimento de menor velocidade (Tabela 2). Se a redução tiver por base a taxa de desvio máxima (18,5%), a redução de desvios para 1,1% implica economia ainda maior em termos absolutos: menos 475 minutos por turno no estabelecimento de maior velocidade e 116 minutos no de menor velocidade.

Durante os testes-piloto, foi mensurado também o tempo do MVO com auditorias sobre os autocontroles executados nas linhas de abate pelo estabelecimento. Conforme a Tabela 2, essas auditorias demandam mais tempo à medida que diminui a velocidade de operação do estabelecimento. No estabelecimento de maior velocidade, o tempo necessário para as auditorias foi de 105 minutos por turno; no de menor velocidade, foi de 241 minutos. Nos estabelecimentos de maior velocidade, foi possível avaliar um mesmo número de amostras num período menor.

Tabela 2. Impacto da modernização da inspeção no tempo de atuação dos AFFAs nos procedimentos de inspeção.

Velocidade de abate (suínos/hora)	Inspeção tradicional			Inspeção baseada em risco				Impacto no tempo de atuação do AFFA (min) (%)	
	Ante mortem	*Post mortem* (DIF)	Total	*Ante mortem*	*Post mortem* (DIF)	Auditorias nos auto-controles	Total		
Considerando taxa de desvio de 10,2% e taxa de condenação por linfadenite de 0,25%									
160	98	89	187	61	16	241	318	131	70,1
310	119	179	298	76	19	145	240	-58	-19,5
400	114	254	368	77	21	121	219	-149	-40,5
550	299	286	585	136	22	105	263	-322	-55,0
Considerando taxa de desvio de 18,5% e taxa de condenação por linfadenite de 1,1%									
160	98	137	235	61	21	241	323	88	37,4
310	119	301	420	76	31	145	252	-168	-40,0
400	114	437	551	77	39	121	237	-314	-57,0
550	299	519	818	136	44	105	285	-533	-65,2

Tempo total utilizado pelo MVO

Os testes-piloto mostraram que a adoção dos procedimentos baseados em risco reduziu o tempo total de atuação do MVO em três dos quatro estabelecimentos (Tabela 2). Para a taxa média de 10,2% de desvios de carcaças para o DIF, *ex ante* à mudança, os procedimentos baseados em risco, reduzindo a taxa de desvios para 0,25%, economizaram 322, 149 e 58 minutos por turno de trabalho nos estabelecimentos com velocidades de 550, 440, e 310 suínos/hora, respectivamente.

No estabelecimento com velocidade de 160 suínos/hora, foi observado acréscimo de 88 minutos por turno. Nesse caso, a menor velocidade de operação da linha de abate requer mais tempo para as auditorias. No entanto, nos quatro estabelecimentos, os testes mostraram que a modernização possibilita que o MVO execute as atividades de inspeção, auditorias e de rotina administrativa no período regular de oito horas (480 minutos) de trabalho previstas no regime de contratação. No sistema tradicional, isso não é possível, especialmente em estabelecimentos com grande velocidade de operação, onde um único MVO atua em cada turno de abate.

A economia de tempo pode ser ainda maior quando o nível de desvios de carcaça observado no sistema tradicional é maior. Por exemplo, simulando a taxa máxima de desvios (18,5%) no estabelecimento de 550 suínos/hora, a adoção dos procedimentos baseados em risco (reduzindo a taxa de desvios para 1,1%) provoca redução total de 533 minutos nas atividades do MVO.

Discussão e conclusões

Este trabalho analisou os possíveis impactos da implementação do sistema de inspeção baseado em risco nos estabelecimentos que abatem suínos no Brasil. Com base em testes-piloto, o estudo demonstrou que o novo sistema melhora a eficiência dos processos de inspeção e de gestão de qualidade, coordenados, respectivamente, pelo serviço oficial e pelos estabelecimentos. No contexto do serviço oficial, os resultados indicam que a inspeção baseada em risco melhora a alocação de recursos humanos, permitindo que MVOs e auxiliares dediquem mais tempo aos procedimentos focados na inocuidade dos produtos. Nesse sentido, esta pesquisa corrobora a premissa de que os procedimentos baseados em risco possibilitam aos agentes públicos dimensionar recursos e priorizar esforços proporcionais aos riscos que os produtos representam para a saúde do consumidor (Unnevehr, 2015; Alban et al., 2018; Poiton et al., 2018).

Para as agroindústrias, os principais impactos são melhorias na gestão da qualidade de processos e produtos e redução de perdas por condenação. Outra vantagem é a redução da quantidade de auxiliares de inspeção disponibilizados para suporte ao serviço oficial. Na inspeção baseada em risco, esses profissionais ficam inteiramente à disposição do estabelecimento para atuar nos processos de gestão de qualidade e nas atividades de classificação de carcaças e vísceras. Resultados semelhantes foram obtidos em países onde a inspeção em risco tem promovido melhorias na produtividade de processos e na qualidade dos produtos que chegam ao consumidor (Koutsomanis et al., 2016; Rahmat et al., 2016; Alban et al., 2021).

Uma avaliação complementar mostrou que, a depender das características estruturais dos estabelecimentos, a adequação poderá implicar reformas, ampliações ou instalação de equipamentos nas áreas *ante mortem* e *post mortem* (Unnevehr, 2015; Alban et al., 2018). Investimentos no *ante mortem*, especialmente em estabelecimentos mais antigos, podem incluir instalação e/ou adequação de passarelas, melhorias na distribuição de baias nas áreas de recepção, segregação e descanso e na iluminação do ambiente. Nas áreas de *post mortem*, os estabelecimentos deverão disponibilizar uma estrutura designada para o funcionamento do Departamento de Exame Complementar (DEC).

Outro exemplo se refere à separação de partes da cabeça do suíno, produtos importantes das exportações para mercados relevantes,

como alguns países asiáticos. A IN 79 (Brasil, 2018a) define que, para evitar contaminações cruzadas, não sejam feitos cortes e incisões na cabeça nas linhas de classificação. Nos estabelecimentos que aderirem ao novo sistema, as partes da cabeça devem ser separadas em sala específica. Essas alterações implicam investimentos em equipamentos e adaptações de fluxo entre as linhas de classificação e as estruturas complementares, que dependerão das particularidades de cada estabelecimento – infraestrutura, leiaute, tecnologias de processamento utilizadas e estratégias de produtos e comercialização.

A modernização promove um ambiente favorável para que as agroindústrias implementem melhorias nos sistemas de gestão da qualidade, confrontando, mais diretamente, as informações registradas nas atividades de classificação, realizadas nos abatedouros, com as informações da cadeia produtiva. Tais melhorias requerem investimentos em tecnologias de informação e capacitação de pessoas. A coordenação desse processo inclui o fluxo de informações sobre a produção animal – através de documentação sanitária ou de relatórios de desempenho zootécnico dos lotes produzidos – que permitam a produtores e estabelecimentos adotarem melhorias em saúde e bem-estar animal com foco na qualidade dos produtos finais, facilitarem a cooperação com o serviço oficial de inspeção e contribuírem para melhorias continuas nos processos de avaliação e gestão de riscos (Trienekens et al., 2012; Devit et al., 2015; Buncic et al., 2019). Essas melhorias são importantes no sentido de reduzir perdas por segregação de animais e condenações de carcaças e melhorar a qualidade dos produtos disponibilizados ao mercado consumidor.

Esta pesquisa foi baseada em informações preliminares e métodos de avaliação que embasaram cientificamente a proposta de modernização dos procedimentos de inspeção em abatedouros de suínos no Brasil. A IN 79 (Brasil, 2018a) define que os estabelecimentos têm prazo de dez anos para implementarem os procedimentos baseados em risco. Assim, uma avaliação mais precisa e abrangente dos impactos econômicos, incluindo custos, qualidade de processos, serviços e produtos e comercialização nos mercados interno e externo, será possível à medida que as agroindústrias aderirem ao novo sistema.

Referências

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2021**. São Paulo, 2020. 146p. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ALBAN, L.; ALBUQUERQUE, E.R.; SÁ, C.V.G.C. de; BUHOLZER, P.; VIEIRA-PINTO, M.; LANGKABEL, N.; MEEMKEN, D.; POINTON, A.; HAMILTON, D.; ABLEY, M. Modernisation of meat inspection of pigs: the world is on the move towards a more evidence-based type of inspection. **Fleischwirtschaft International**, v.2, p.8-15, 2018.

ALBAN, L.; PETERSEN, J.V.; BÆKBO, A.K.; PEDERSEN, T.Ø.; KRUSE, A.B.; PACHECO, G.; LARSEN, M.H. Modernising meat inspection of pigs: a review of the Danish process from 2006-2020. **Food Control**, v.116, art.107450, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107450.

ANTLE, J.M. Benefits and costs of food safety regulation. **Food Policy**, v.24, p.605-623, 1999. DOI: https://doi.org/10.1016/S0306-9192(99)00068-8.

BRASIL. Decreto nº 10.419, de 7 de julho de 2020. Regulamenta a alínea "e" do § 1º do art. 9º da Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, para dispor sobre a inspeção ante mortem e post mortem de animais. **Diário Oficial da União**, 8 jul. 2020. Seção1, p.5.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 7 jul. 1952. p.10785.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, 30 mar. 2017. Seção1, p.3-27.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 79, de 14 de dezembro de 2018. [Aprova os procedimentos de inspeção ante e post mortem de suínos com base em risco]. **Diário Oficial da União**, 17 dez. 2018a. Seção1, p.4-7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995. [Aprova as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos].

Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 3 nov. 1995. Seção1, p.17625-17626. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/Portaria_711.1995.pdf/view>. Acesso em: 27 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1.304, de 7 de agosto de 2018. [Altera a Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995]. **Diário Oficial da União**, 22 ago. 2018b. Seção1, p.10.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 60, de 20 de dezembro de 2018. [Estabelece o controle microbiológico em carcaça de suínos e em carcaça e carne de bovinos em abatedouros frigoríficos, registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (Dipoa), com objetivo de avaliar a higiene do processo e reduzir a prevalência de agentes patogênicos]. **Diário Oficial da União**, 24. dez. 2018c. Seção1, p.4-6.

BUNCIC, S.; ALBAN, L.; BLAGOJEVIC, B. From traditional meat inspection to development of meat safety assurance programs in pig abattoirs - the European situation. **Food Control**, v.106, art.106705, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.031.

COLDEBELLA, A.; KICH, J.D.; ALBUQUERQUE, E.R.; BUOSI, R.J. **Avaliação dos dados de abate e condenações/desvios de suínos registrados no Sistema de Informações Gerenciais do Serviço de Inspeção Federal nos anos de 2012 a 2014**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. 127p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 198). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184390/1/final8900.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

COSTA, E. de F.; CORBELLINI, L.G.; TORRES, M.; CASTRO, S.; KICH, J.D. **Avaliação qualitativa de riscos para priorização de perigos biológicos à saúde pública na cadeia de produção de suínos industriais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 90p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 186). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200172/1/Doc186.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

DEVIT, C.; BOYLE, L.; TEIXEIRA, D.L.; O´CONNELL, N.E.; HAWE, M.; HANLON, A. Pig producer perspectives on the use of meat inspection as an animal health and welfare diagnostic tool in the Republic of Ireland and Northern Ireland. **Irish Veterinary Journal**, v.9, art.2, 2015. DOI: https://doi.org/10.1186/s13620-015-0057-y.

EFSA. Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (swine). **EFSA Journal**, v.9, art.2351, 2011. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2351.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Foreign Agricultural Service**. Washington, 2021. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ESTADOS UNIDOS. Food Safety and Inspection Service. Modernization of Swine Slaughter Inspection. **Federal Register**, v.83, p.4780-4823, 1 Feb. 2018. Proposed rules.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa trimestral do abate de animais**. Rio de Janeiro, 2018.

KICH, J.D.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E.R.; CARDOSO, M.R. de I.; CORBELLINI, L.G.; COSTA, E. de F. **Modernização da inspeção sanitária em abatedouros de suínos**: inspeção baseada em risco: opinião científica. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 178p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 204). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200935/1/final9146.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

MARTINS, F.M.; COLDEBELLA, A.; ALBUQUERQUE, E.R.; KICH, J.D.; HENN, J.D.; SILVEIRA, R.H. da. **Características estruturais e os processos da Inspeção Federal em abatedouros de suínos no Brasil frente à proposta de implementação de procedimentos baseados em risco**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 30p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 218). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222427/1/SDoc-218.pdf>. Acesso em: 4 out. 2021.

MARTINS, F.M.; TRIENEKENS, J.; OMTA, O. Differences in quality governance: the case of the brazilian pork chain. **British Food Journal**, v.119, p.2837-2850, 2017. DOI: https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2016-0418.

MIELE, M.; WAQUIL, P.D. Estrutura e dinâmica dos contratos na suinocultura de Santa Catarina: um estudo de casos múltiplos. **Estudos Econômicos**, v.37, p.817-847, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-41612007000400005.

POINTON, A.; HAMILTON, D.; KIERMEIER, A. Assessment of the post-mortem inspection of beef, sheep, goats and pigs in Australia: approach and qualitative risk-based results. **Food Control**, v.90, p.222-232, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.037.

RAHMAT, S.; CHEONG, C.B.; HAMID, M.S.R.B.A. Challenges of developing countries in complying quality and enhancing standards in food industries. **Procedia - Social and Behavioral Sciences,** v.224, p.445-451, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.418.

TRIENEKENS, J.H.; WOGNUM, P.M.; BEULENS, A.J.M.; VAN DER VORST; J.G.A.J. Transparency in complex dynamic food supply chains. **Advanced Engineering Informatics**, v.26, p.55-65, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.07.007.

UNNEVEHR, L. Food safety in developing countries: moving beyond exports. **Global Food Security**, v.4, p.24-29, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.12.001.

Performance financeira do setor sucroenergético brasileiro de 2001 a 2019[1]

Lucas Rodrigues[2]
Luciano Rodrigues[3]

Resumo – Nos últimos anos, o mercado brasileiro de combustíveis leves passou por mudanças intensas. A indústria sucroalcooleira brasileira experimentou forte crescimento, sucedido depois, em 2008–2014, por uma das maiores crises de sua história. O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução da situação econômico-financeira do setor sucroenergético no Brasil. A metodologia se apoia em técnicas de análise de c*luster* e classificação por meio de SVM para a avaliação multidimensional dos indicadores financeiros das empresas e identificação de grupos representativos do setor. Quatro grupos de empresas foram identificados, e a análise dos índices financeiros dos últimos 19 anos indica a existência de quatro períodos no que se refere à saúde financeira das empresas e à representatividade dos grupos, que acompanharam as condições de mercado, as mudanças tecnológicas e, mais importante, as alterações de políticas públicas associadas ao mercado de etanol. Além disso, depois de cinco anos da safra 2014/2015, que parecia ser o auge da pior crise da história do setor sucroenergético brasileiro, mais de 40% das empresas ainda estavam em situação crítica em 2019/2020 e com baixo potencial de expansão da produção no curto prazo.

Palavras-chave: análise de agrupamentos, cana-de-açúcar, etanol, máquina de vetor de suporte, performance financeira.

Financial performance of the Brazilian sugar-energy sector between 2001 and 2019

Abstract – In the last years, the light fuel market in Brazil has experienced moments of intense change. The Brazilian sugar-energy industry grew at high rates, followed by one of the biggest crises in its history during the period 2008-2014. The objective of this study was to evaluate the evolution of the economic-financial situation of the sugar-energy industry in Brazil. A cluster analysis and a support-vector machine (SVM) classification were applied to carry out a multidimensional evaluation of the financial indices of companies and to identify representative groups in the sector. Four different clusters of companies were identified, and the analysis of the financial ratios of the last 19 years indicates the existence of four distinct periods for the financial health of the companies,

[1] Original recebido em 5/10/2021 e aprovado em 26/1/2022.

[2] Mestre em Economia Aplicada. Email: lucas2.rodrigues@outlook.com

[3] Doutor em Economia Aplicada. Email: luciano.rodrigues@fgv.br

and for the representativeness of the clusters which were in line with the conditions prevailing in the market, technological shifts and, more important, with the changes in public policies associated with the ethanol market. Besides, after 5 years of the 2014/2015 crop season, which seemed to be the peak of the worst crisis in the history of the Brazilian sugar-energy industry, more than 40% of the companies were still in a critical situation in the 2019/2020 harvest season and with a low potential for the short-term expansion of production.

Keywords: cluster analysis, sugarcane, ethanol, support-vector machine, financial performance.

Introdução

A indústria da cana-de-açúcar no Braisl envolve 386 unidades produtoras, cerca de 70 mil produtores rurais e 747 mil empregos diretos (Brasil, 2020a, 2020b), além de apresentar um produto interno bruto (PIB) setorial superior a US$ 40 bilhões (Neves & Trombim, 2014). Além disso, com a produção de etanol e de energia elétrica gerada a partir do bagaço e da palha da cana, a chamada bioeletricidade, o setor é responsável por cerca de 18% de toda a energia primária consumida no País (EPE, 2020a). No mercado externo, o Brasil também se consolidou entre os maiores produtores e exportadores de açúcar, com participação próxima a 50% do volume comercializado mundialmente na safra 2020/2021 (Estados Unidos, 2020). Além desse protagonismo, nos últimos anos essa indústria se destacou pela dinâmica atípica vivenciada por toda a cadeia produtiva. Depois da conclusão do processo de desregulamentação na década de 1990, que garantiu a liberação dos preços e o fim das quotas de produção, o setor sucroenergético exibiu crescimento surpreendente em 2000–2008. Nesse período, a moagem de cana-de-açúcar no País cresceu cerca de 101% (Brasil, 2020a), estimulada pela introdução dos veículos flex[4] no mercado brasileiro, pela perspectiva de alta do preço mundial do petróleo e pela orientação do poder público, que estabeleceu diversas medidas para a maior competitividade do etanol.

Mas essa tendência de crescimento intenso recuou de forma expressiva a partir da crise financeira mundial de 2008. Além da elevação do custo do crédito num momento de elevada alavancagem financeira das empresas, o governo passou a adotar uma política de contenção dos preços da gasolina como medida de controle inflacionário. Houve redução de tributos sobre o derivado e, posteriormente, o controle dos valores praticados pela Petrobrás domesticamente, com a defasagem em relação às cotações internacionais chegando a atingir cerca de 30% em alguns meses (Rodrigues & Bacchi, 2016). Esse movimento eliminou as margens do setor produtivo e estabeleceu uma crise sem precedentes na indústria sucroenergética, com a estagnação da produção, o fechamento de mais de 100 plantas produtivas e a perda de milhares de empregos (Bressan Filho, 2010; Moraes & Bacchi, 2014; Moraes & Zilberman, 2014; Ramos, 2016; EPE, 2020b).

Com o término das eleições presidenciais em 2014, um novo ciclo de mudança no arcabouço institucional foi observado. A partir desse momento, a diretriz que mirava o controle inflacionário deu lugar à preocupação com o déficit público, que havia saltado de R$ 44,3 bilhões (1,53% do PIB) em 2008 para R$ 343,9 bilhões (6,70% do PIB) em 2014 (Bacen, 2020). Como consequência, o governo brasileiro elevou as alíquotas de tributos federais sobre a gasolina e o etanol em níveis superiores aos observados antes do controle de preço. Mais recentemente, a partir de 2016, o mercado brasileiro presenciou uma nova redefinição da política de precificação da gasolina comercializada pela Petrobrás, que passou a praticar reajustes periódicos de preços

[4] Os veículos flex podem ser abastecidos com etanol hidratado, com gasolina ou qualquer mistura desses dois combustíveis. No Brasil, os proprietários de veículos flex optam pelo combustível desejado a cada abastecimento em função do preço relativo dos produtos e de suas preferências.

alinhados com as variações da cotação internacional do petróleo e da taxa de câmbio.

Todas essas transformações tecnológicas, comerciais e, principalmente, institucionais e de política pública impactaram severamente e de maneira distinta a condição financeira das empresas produtoras do setor sucroenergético (usinas e destilarias). Nesse contexto, este estudo tem a intenção de caracterizar a evolução da situação econômico-financeira da indústria sucroenergética brasileira nos últimos 19 anos. Busca-se estabelecer uma relação entre essa evolução e as transformações observadas nos mercados de açúcar e de etanol, com destaque para as inúmeras mudanças nas diretrizes de políticas públicas delineadas pelo governo federal para o setor de combustíveis no País. Além da importância do tema, o estudo se justifica pela ausência de trabalhos que exploraram a problemática de forma apropriada. A literatura sobre essa dinâmica é baseada em avaliações pontuais e estudos de caso que não exploram a multidimensionalidade da performance financeira nem a heterogeneidade entre as empresas com técnicas de análise multivariada. No geral, foram conduzidas por consultorias e agentes privados – Noriller et al. (2011), Nascimento (2014), Nastari (2014), Martins et al., (2015) e Guedes et al. (2016), por exemplo. Já Rodrigues & Rodrigues (2018) empregam uma abordagem analítica similar à adotada neste estudo, mas apresenta como restrição o reduzido horizonte temporal de análise. Os autores avaliaram informações de dois anos, permitindo apenas uma avaliação pontual da situação da indústria naquele momento.

Este trabalho supera essa limitação ao usar uma base de dados única, composta por 1.471 demonstrativos financeiros publicados entre as safras 2001/2002 e 2019/2020. Além disso, neste estudo, diferentes métodos de classificação das empresas foram testados, tornando o procedimento metodológico mais robusto. Com isso, o trabalho oferece informações inéditas sobre a evolução da condição financeira da indústria sucroenergética no Brasil nos últimos 19 anos. Os resultados são importantes para investidores e instituições financeiras com interesse em empregar recursos nessa indústria, pois propõem parâmetros para uma avaliação objetiva das empresas e sugerem a migração mais provável entre os grupos representativos da indústria.

O entedimento dessa relação e a caracterização da heterogeneidade econômico-financeiro das empresas produtoras são relevantes por oferecer fundamentos à regulação da recém-criada Política Nacional de Biocombustíveis no Brasil. A referida política, conhecida como RenovaBio, foi estabelecida pela Lei nº 13.576, de dezembro de 2017 (Brasil, 2017), e entrou em vigor no fim de 2019. O programa define metas decenais de descarbonização para o setor de transporte a partir da ampliação da participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional. Trata-se, portanto, de uma iniciativa alinhada com o compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa firmado pelo Brasil no Acordo de Paris e com a necessidade de redução de importações de combustíveis. Para 2030, as metas já estabelecidas preveem a necessidade de expansão da produção de etanol dos atuais 30 bilhões para 50 bilhões de litros (CNPE, 2020; CRBIO, 2020).

Diante dessa perspectiva de crescimento da oferta do biocombustível, a análise proposta também deve trazer elementos importantes à tomada de decisão dos agentes que operam no setor, incluindo os atuais gestores das unidades em operação. Assim, os resultados devem permitir reflexões para questionamentos atuais no País: as políticas públicas favoreceram ou prejudicaram a condição financeira das empresas nos últimos anos? A situação atual do setor sugere a possibilidade de um novo ciclo de crescimento da produção? Qual será o papel do setor público para que isso ocorra? Para atingir o objetivo proposto, adota-se aqui um modelo matemático para classificar as companhias em grupos representativos, permitindo uma análise lógica e sequencial da heterogênea situação financeira da indústria e da reação da performance financeira das empresas diante das mudanças tecnológicas e de mercado e de políticas públicas observadas no período.

Metodologia

Indicadores financeiros e análise de agrupamentos

Para dividir as companhias em classes representativas e avaliar sua evolução ao longo do tempo, foram adotadas a técnica de análise de agrupamentos (ou análise de *cluster*) e as técnicas de classificação Random Forest, Análise de Discriminante e Máquina de Vetor de Suporte (SVM). A classificação das empresas em grupos permite sintetizar as condições financeiras do setor sucroenergético e tamabém uma análise adequada da heterogeneidade entre essas empresas. A estratégia adotada usa indicadores calculados com base nos demonstrativos financeiros que retratam a condição das empresas em termos de liquidez, lucratividade e endividamento. Os índices financeiros tomados inicialmente foram: liquidez corrente (LC), liquidez geral (LG), margem Ebit[5] ou margem operacional (ME), margem bruta (MB), margem líquida (ML), retorno sobre ativo (ROA), endividamento geral (EG), endividamento oneroso (EO, ou dívida onerosa sobre receita) e despesa financeira líquida por faturamento (DFF). Esses indicadores foram utilizados com variáveis de entrada dos modelos matemáticos. A Tabela 1 mostra a fórmula de cálculo de cada indicador.

A análise de *cluster* foi inicialmente empregada para identificar o número de grupos de empresas que caracterizam a condição econômico-financeira dessa indústria na safra 2009/2010. Essa técnica permite a agregação de um conjunto de objetos segundo um vetor de características, seguindo um critério formal e menos sensível a vieses do pesquisador ou analista. Para a implementação da análise, uma avaliação da correlação entre os indicadores foi feita, e os índices cuja correlação excedia a 0,7 foram eliminados (Everitt et al., 2011).

A escolha do ciclo agrícola 2009/2010 decorre de sua maior variabilidade amostral durante o período de análise. A identificação do número ideal de grupos representativos da condição financeira da indústria sucroenergética foi baseada na inspeção visual do dendograma e em diferentes índices de qualidade do processo de agrupamento. Em linhas gerais, esses índices se fundamentam em métricas estatísticas de dispersão, como variância e desvio padrão, ou matemáticas, como medidas de distância, calculadas entre *clusters* e dentro deles, para mensurar o grau de dissimilaridade e/ou similaridade dos grupos em cada etapa do processo[6].

Tabela 1. Indicadores financeiros calculados.

Tipo de indicador	Nome	Representação algébrica
Liquidez	Liquidez corrente (LC)	Ativo circulante ÷ Passivo circulante
	Liquidez geral (LG)	(Ativo circulante + realizável a LP) ÷ (Passivo circulante + exigível a LP)
Lucratividade	Margem Ebit (ME)	Ebit ÷ Receita líquida
	Margem bruta (MB)	Lucro bruto ÷ Receita líquida
	Margem líquida (ML)	Lucro líquido ÷ Receita líquida
	Retorno sobre ativo (ROA)	Lucro líquido ÷ Ativo total
Endividamento	Endividamento geral (EG)	(Passivo circulante + exigível a LP) ÷ Ativo total
	Endividamento oneroso (EO)	Dívida total ÷ Receita líquida
	Despesa financeira líquida por faturamento (DFF)	– (Despesas financeiras líquidas ÷ Receita líquida)

[5] Earnings before interest and taxes.

[6] Mais detalhes em Milligan & Cooper (1985), Everitt et al. (2011), Charrad et al. (2014) e Desgraupes (2018).

O dendograma foi construído a partir dos indicadores padronizados, tendo como referência o método de *cluster* hierárquico, a medida de dissimilaridade definida pela distância euclidiana e o procedimento aglomerativo proposto por Ward Jr. (1963).

Modelo de classificação e validação cruzada

Os grupos definidos a partir dos dados da safra 2009/2010 foram adotados como padrão para a classificação dos outros anos da amostra. Assim, é possível avaliar a evolução do desempenho econômico-financeiro da indústria sucroenergética analisando a composição desses grupos e também a variação de suas características ao longo do tempo. As variáveis de entrada selecionadas para o modelo de discriminação dos grupos foram: liquidez corrente, endividamento geral, liquidez geral, despesa financeira por faturamento e retorno sobre ativo. O critério de seleção de variáveis foi o método progressivo ou stepwise forward method (Klecka, 1980). Como regra classificatória, foram avaliados quatro métodos: Discriminante Canônico de Fisher (Fisher, 1936), Discriminante Quadrático (Johnson & Wichern, 2007), Random Forest (Breiman et al., 1984; Breiman, 2001) e Máquina de Vetor de Suporte (Haykin, 2001; Hastie et al., 2009). O problema abordado por essas técnicas consiste em estimar uma regra ótima de classificação para as empresas conhecido um conjunto de dados de treinamento $\Omega = \{\boldsymbol{x}_i , y_i\}^N_{(i = 1)}$, em que $\boldsymbol{x}_i$ representa o vetor de entrada ou características (indicadores financeiros das companhias) e y_i representa a classe observada (grupos identificados na safra 2009/2010).

A qualidade da classificação de todos os métodos foi avaliada pelos critérios conhecidos como resubstituição e leave-one-out cross validation (Hastie et al., 2009). O primeiro compara a classe prevista pelo modelo com o grupo real de cada elemento utilizado na etapa de treinamento. Dessa forma, essa métrica avalia o erro de classificação dentro da amostra e não garante que o modelo não sofra de superencaixe (*overfitting*). Para evitar essa complicação, o segundo critério, chamado "deixe um de fora", ou leave-one-out cross validation – que é um caso especial da validação cruzada de *k*-partes –, foi utilizado. O procedimento consiste em estimar modelos, sempre expurgando um elemento da amostra de treinamento. O erro de classificação de um modelo é calculado com o erro de previsão apenas da unidade amostral excluída do processo de treino. Esse critério também foi utilizado para a seleção dos parâmetros dos métodos Random Forest e SVM. A Tabela 2 mostra os resultados de cada método.

Como a performance do SVM foi a melhor entre as técnicas avaliadas, esse foi o método adotado para a classificação das empresas. Essa técnica possui também a vantagem de não requerer que as variáveis sejam originadas de nenhuma distribuição estatística específica. Essa propriedade é conveniente, já que a presença de não normalidade é frequentemente apresentada como um problema no emprego de indicadores financeiros em conjunto com técnicas de estatística multivariada (Horrigan, 1965, 1983; Eisenbeis, 1977; Barnes, 1982).

Tabela 2. Critérios para a avaliação da qualidade da classificação.

Método	Resubstituição (%)	Leave-one-out (%)
Discriminante Canônico de Fisher	84,04	82,98
Discriminante Quadrático	91,48	87,10
Random Forest	89,36	88,30
Máquina de Vetor de Suporte (SVM)	95,74	92,55

Base de dados

O banco de dados utilizado na análise foi estruturado por meio da coleta, organização e depuração de informações obtidas em balanços auditados publicados periodicamente pelas empresas do setor sucroenergético em jornais oficiais, sites e em outros meios de divulgação. A amostra foi composta de 139 empresas, que agregam 242 unidades industriais em 1.471 balanços financeiros publicados entre as safras 2001/2002 e 2019/2020[7]. A Tabela 3 mostra o número de unidades e os grupos econômicos (demonstrativos financeiros) por safra. Cabe destacar que não foi possível manter os mesmos grupos econômicos em todos os anos da amostra, pois o período foi marcado pela criação, pela fusão/aquisição ou por pedidos de falência e recuperação judicial de empresas. A amostra obtida representa cerca de 55% da produção nacional de cana-de-açúcar (Brasil, 2020a) em todo o período.

Tabela 3. Número de grupos econômicos, usinas, percentual da produção amostrada e desvio padrão total dos indicadores financeiros por safra.

Safra	Nº de grupos econômicos	Nº de usinas	Produção de cana-de-açúcar amostrada (t milhão)	% da produção de cana-de-açúcar	Desvio padrão
2001/2002	41	57	82	29	1,59
2002/2003	44	60	92	29	1,17
2003/2004	44	60	101	28	2,50
2004/2005	45	61	111	29	1,89
2005/2006	49	71	148	39	2,17
2006/2007	62	105	179	42	5,59
2007/2008	62	114	206	42	18,92
2008/2009	69	130	258	45	2,65
2009/2010(1)	94	161	299	50	22,62
2010/2011	95	171	348	56	1,61
2011/2012	99	184	321	57	2,76
2012/2013	100	183	368	62	2,14
2013/2014	110	198	433	66	2,91
2014/2015	104	193	419	67	2,14
2015/2016	98	183	463	69	1,95
2016/2017	99	184	461	70	1,84
2017/2018	90	174	446	70	1,91
2018/2019	85	170	423	68	2,48
2019/2020	81	170	422	66	5,18
Total	**1.471**	**-**	**5.577**	**55**	**-**

(1) Safra escolhida para implementação da análise de *cluster*. O desvio padrão foi obtido pelo cálculo da raiz quadrada do traço da matriz de covariância dos indicadores financeiros das firmas.

[7] Última safra com dados disponíveis até a conclusão do estudo.

Análise e discussão dos resultados

Análise de *cluster* para a safra 2009/2010

A inspeção visual do dendograma gerado (Figura 1) e a coerência lógica da análise obtida levaram à seleção de quatro grupos de empresas com desempenho econômico-financeiro similar na safra 2009/2010. A Tabela 4 mostra o resultado dos 11 índices de verificação da qualidade do agrupamento, juntamente com a respectiva regra utilizada. Quatro dos 11 critérios indicam a escolha de cinco grupos como partição ótima da amostra. Entretanto, vale notar que uma divisão igual ou superior a cinco agrupamentos levaria a classes representativas que conteriam apenas uma empresa. Essa condição, além de distorcer o cálculo dos indicadores na medida em que um determinado grupo exibiria variância ou dissimilaridade zero, não é revestida de sentido econômico. Para evitar essa distorção e manter maior coerência no uso da técnica para análise dos resultados, apenas as opções de quatro ou menos agrupamentos foram consideradas. Nesse caso, a opção de quatro agrupamentos foi tomada como ótima.

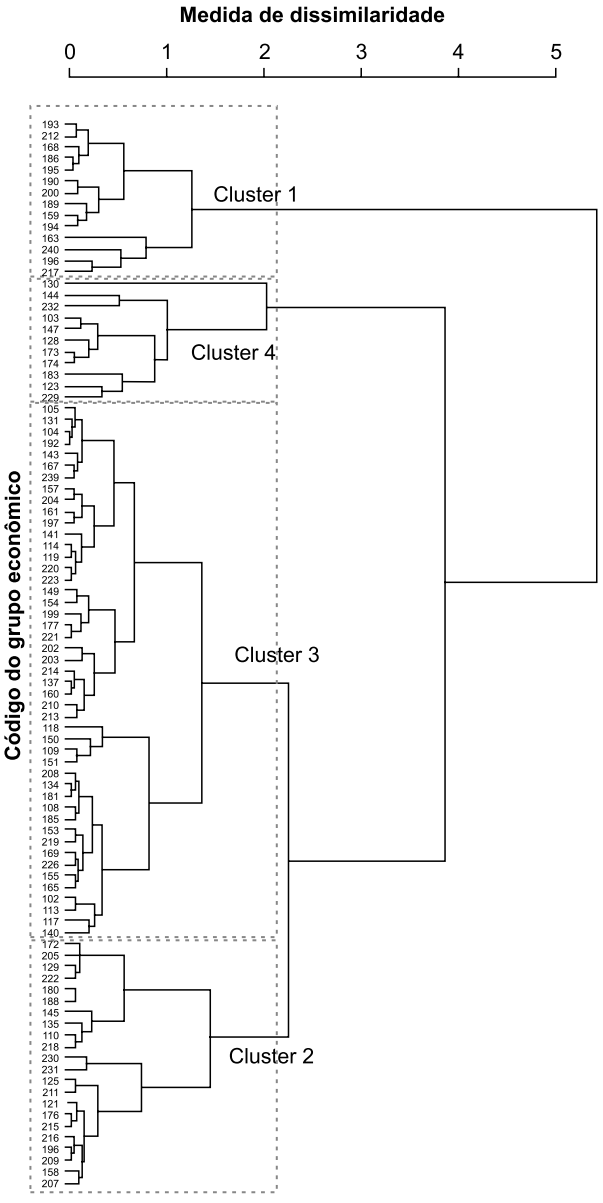


Figura 1. Dendograma dos grupos para as empresas na safra 2009/2010.

A classificação obtida com base na análise de agrupamentos para a safra 2009/2010 revela grupos com as características definidas pelos indicadores médios mostrados na Tabela 5.

O quarto grupo (C4) possui membros cujo desempenho econômico-financeiro está bastante comprometido. Seu endividamento geral médio acima de 1 revela que o patrimônio líquido dessas companhias está, em média, negativo. Além disso, a margem Ebit negativa indica elevada ineficiência operacional ou má gestão dos custos. Trata-se, portanto, de empresas com problemas estruturais de financiamento e operação. O cenário para elas pode ser visto como o de maior criticidade entre todas as unidades da amostra. C3 possui menor endividamento e maior lucratividade do que C4, mas aquém dos índices registrados pelas empresas dos grupos C1 e C2. Quanto a C1 e C2, embora o primeiro exiba maior lucratividade, o principal fator que diferencia as empresas desses grupos consiste na forma de financiamento das operações. C1 possui níveis de endividamento inferiores, além de concentrar o capital de terceiros e outros passivos do seu balanço no longo prazo, o que justifica os menores encargos pagos e a maior liquidez corrente.

Tabela 4. Índices de qualidade de *cluster* utilizados para determinar o número ótimo de grupos.

k	CaliHarab Máx	Hartigan Máx	Duda Hart Máx	Ball-Hall Máx Diff	Ratk Lanc Máx	Dav Bould Mín	Trace {W^{-1}B} Máx Diff	Cindex Mín	S Dbw Mín	Dunn Máx	Marriot Máx Diff
2	31,25	25,58	0,75	3,70	0,21	0,97[1]	1,79	0,21	1,11	0,07[1]	10,11
3	32,40	8,75	0,77[1]	1,93[1]	0,30	1,19	3,72	0,15	1,30	0,07	8,38
4	26,30	35,23[1]	0,74	1,32	0,27	1,42	5,89	0,13[1]	1,12	0,04	8,85
5	35,85[1]	9,12	0,52	0,76	0,34[1]	1,11	23,28[1]	0,19	0,69	0,06	0,82[1]
6	33,07	7,43	0,72	0,57	0,32	0,98	24,31	0,18	0,56	0,06	0,82
7	30,77	12,80	0,61	0,45	0,31	1,07	25,63	0,18	0,53	0,06	0,79
8	31,72	15,49	0,60	0,35	0,29	1,08	29,65	0,16	0,52[1]	0,06	0,53

[1] Indica o número ótimo de grupos de acordo com o critério respectivo.

Tabela 5. Valor médio ponderado[1] dos indicadores financeiros dos grupos na safra 2009/2010.

Tipo de Indicador	Indicador	C1	C2	C3	C4
Liquidez	Liquidez corrente	2,04	0,95	0,50	0,45
	Liquidez geral	1,76	1,78	1,46	0,88
Lucratividade	Margem EBIT	0,18	0,01	-0,03	-0,51
	Margem bruta	0,29	0,14	0,14	-0,01
	Margem líquida	0,14	0,04	-0,02	-0,48
	Retorno sobre ativo	0,08	0,03	0,00	-0,13
Endividamento	Endividamento geral	0,60	0,61	0,71	1,18
	Endividamento oneroso	0,73	0,91	1,21	2,08
	Desp. finan. por faturamento	0,04	0,02	0,01	0,12
Market-share dos grupos[2]		16,7%	33,1%	43,4%	6,8%
Número de usinas no grupo		14	22	47	11

[1] Valores ponderados pelo market-share das companhias que pertencem ao grupo. [2] Market-share calculado pela proporção da receita do grupo em relação ao total da amostra.

Classificação com SVM e evolução da situação econômico-financeira do setor sucroenergético brasileiro

Para explorar a evolução da situação econômico-financeira da indústria sucroenergética diante das condições de mercado e das políticas públicas observadas durante o período, foi avaliada a evolução da representatividade de cada *cluster* na amostra e como se caracterizou a migração das empresas entre os grupos. Os hiperplanos estimados como regra de separação são mostrados na Tabela 6.

De modo geral, a classificação de uma empresa nos grupos C1 e C2 é determinada pela redução dos passivos na estrutura de financiamento e/ou aumento da liquidez dos ativos. O indicador de margem operacional desempenha papel menos relevante, embora seja importante para discriminar alguns pares de *clusters*. A migração das empresas entre os grupos nos últimos 19 anos ocorreu, majoritariamente, pela

Tabela 6. Coeficientes estimados para a regra de discriminação entre os grupos.

w_{ij}/f_{ij}	i = 1 ; j = 2	i = 1 ; j = 3	i = 1 ; j = 4	i = 2 ; j = 3	i = 2 ; j = 4	i = 3 ; j = 4
w_{LC}	2,34	1,85	1,11	4,01	1,58	-0,47
w_{EG}	-2,00	-0,64	-0,56	-0,40	-1,11	-2,19
w_{LG}	-0,86	0,21	0,39	0,57	0,45	0,68
w_{ME}	1,18	0,49	0,66	1,37	1,52	0,65
ρ_{ij}	2,89	1,02	-0,12	0,11	-0,87	-2,64

Nota: o *kernel* linear foi utilizado por gerar o menor erro na validação cruzada. Assim, a regra de classificação será esta: seja x um elemento amostral (indicadores financeiros de uma empresa normalizados pela média e pelo desvio padrão). Ele será classificado para um grupo i em vez de j se $f_{ij} = x^T w_{ij} > \rho_{ij}$, em que f_{ij} é a função que discrimina os grupos i e j com vetor de coeficientes w_{ij}. Aplicada $f_{ij}\ \forall\ i, j$ tal que $i \neq j$, o elemento será alocado para o grupo com maior número de votos.

modificação da estrutura de capital e redução do endividamento. As Figuras 2 e 3 mostram a representatividade de cada *cluster* dentro da amostra em termos de *market-share* e número de empresas, e as Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 exibem a evolução dos indicadores médios (ponderados pelo *market-share* das empresas).

Até a safra 2005/2006, a proporção de empresas dos agrupamentos 3 e 4 era bastante reduzida em relação às de C1 e C2 (Figuras 2 e 3). Nesse período, a representatividade do primeiro *cluster* cresceu até que ele viesse a ser o grupo com maior número de empresas. Apesar dessa condição, era possível verificar aumento sistêmico no endividamento das empresas em melhores condições (*clusters* 1 e 2), cujo crescimento das receitas permitiu apenas uma alta sutil do endividamento oneroso (Figura 8). Corroborando essa tendência, já na safra 2007/2008 houve crescimento da participação das empresas do *cluster* 3 e redução da representatividade do *cluster* 1.

Essa situação retrata o momento vivenciado pelo setor, caracterizado pelo fluxo intenso de investimento para a expansão da indústria. Segundo Moraes & Zilberman (2014), de 2003 a 2007 foram construídas mais de 100 unidades produtoras no Brasil, além da ampliação da capacidade de inúmeras empresas em operação. Como consequência, a moagem de cana no País

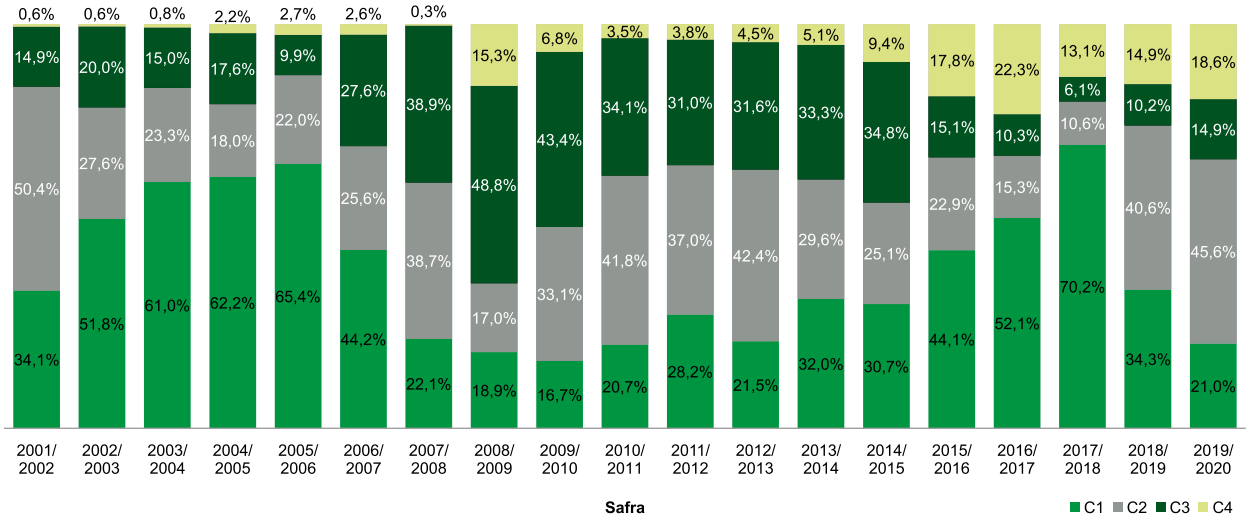


Figura 2. Representatividade dos grupos pelo *market-share* das empresas que os compõe entre as safras de 2001/2002 e 2019/2020.

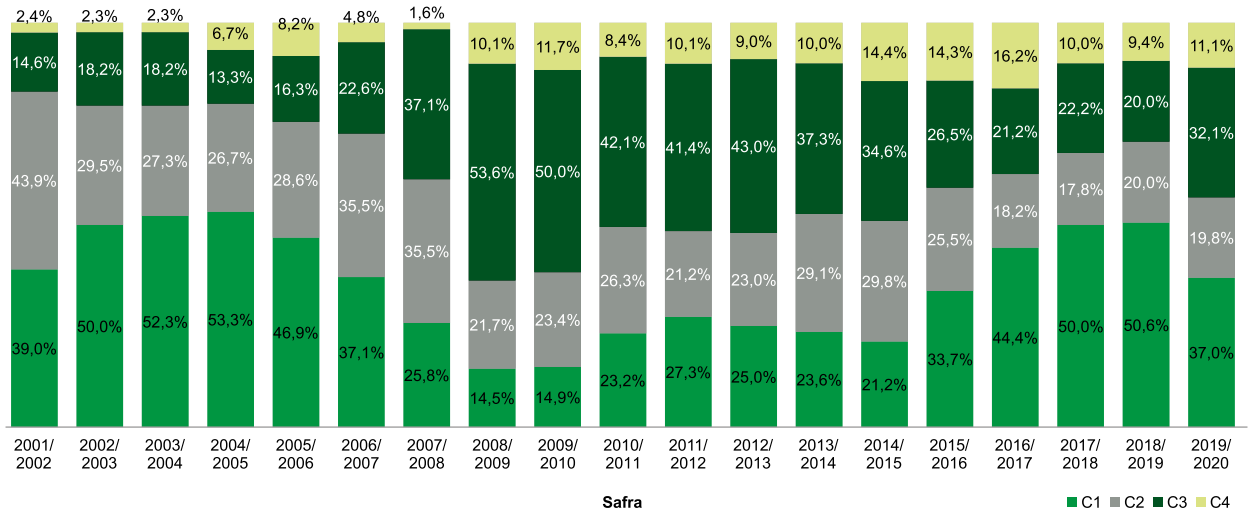


Figura 3. Representatividade dos grupos pelo número de empresas que os compõe entre as safras de 2001/2002 e 2019/2020.

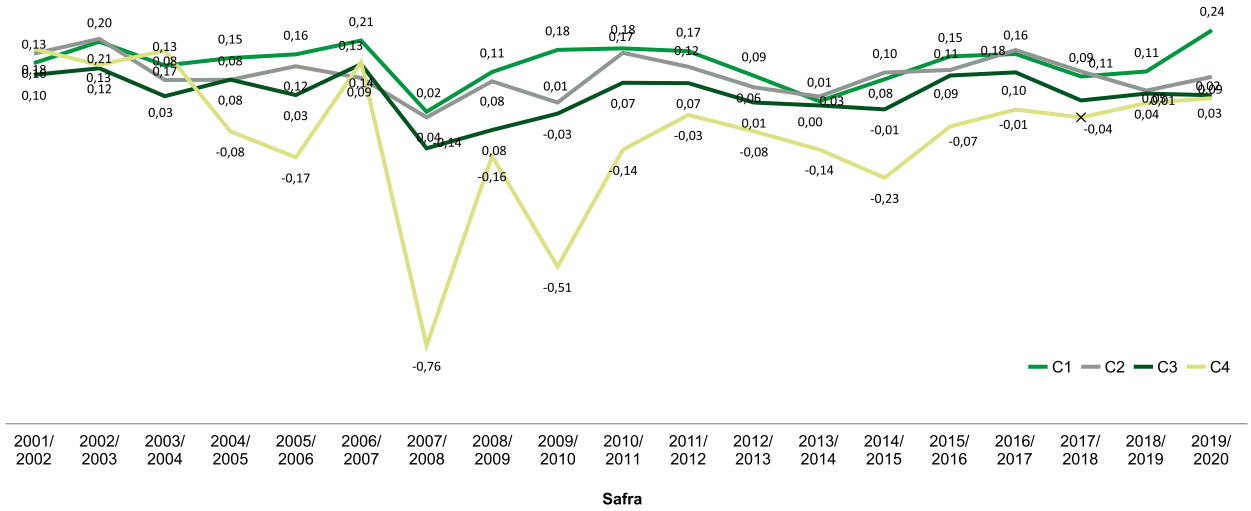


Figura 4. Margem Ebit média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

passou de 354,7 milhões de toneladas na safra 2003/2004 para 489,2 milhões em 2007/2008 (Brasil, 2020a). Nesse mesmo período, o consumo de etanol hidratado cresceu 309,5%, saltando 3,25 bilhões em 2003 para 13,29 bilhões de litros (ANP, 2020). Essa expansão foi induzida por diversos fatores, com destaque para o lançamento dos veículos *flex-fuel*, em março de 2003. A iniciativa da indústria automobilística, potencializada pela atuação do poder público por meio da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre os automóveis flex, permitiu a consolidação dessa nova tecnologia no mercado brasileiro. Depois de apenas quatro anos de lançamento, os veículos flex já representavam cerca de 90% das vendas de automóveis no País (Anfavea, 2020).

A tendência de elevação das cotações internacionais do petróleo e a diferenciação tributária estabelecida domesticamente entre o etanol hidratado e a gasolina estabeleceram

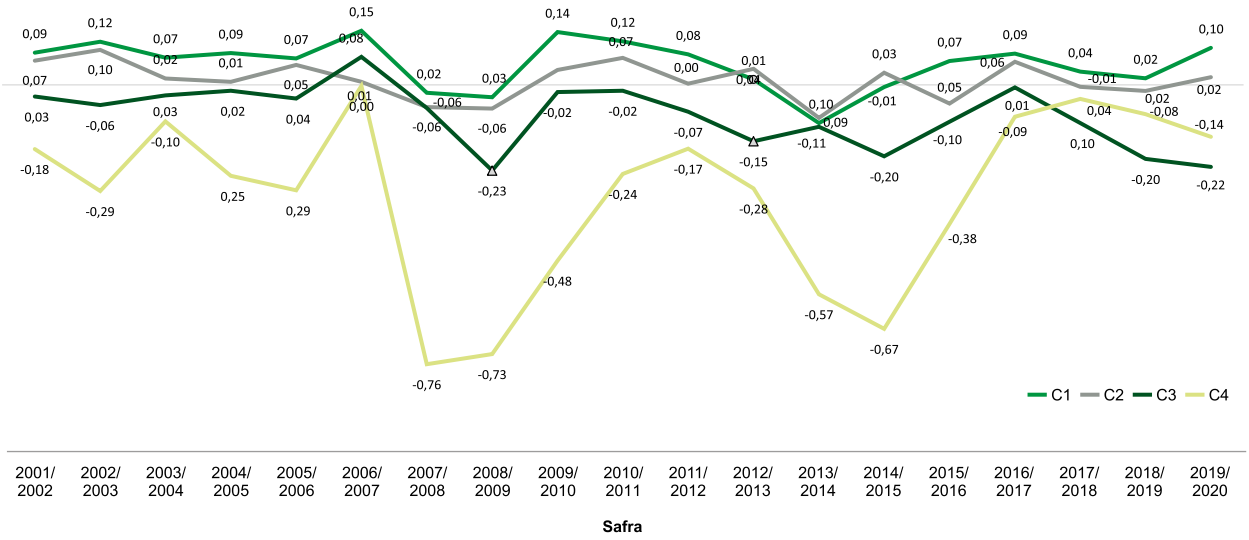


Figura 5. Margem líquida média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

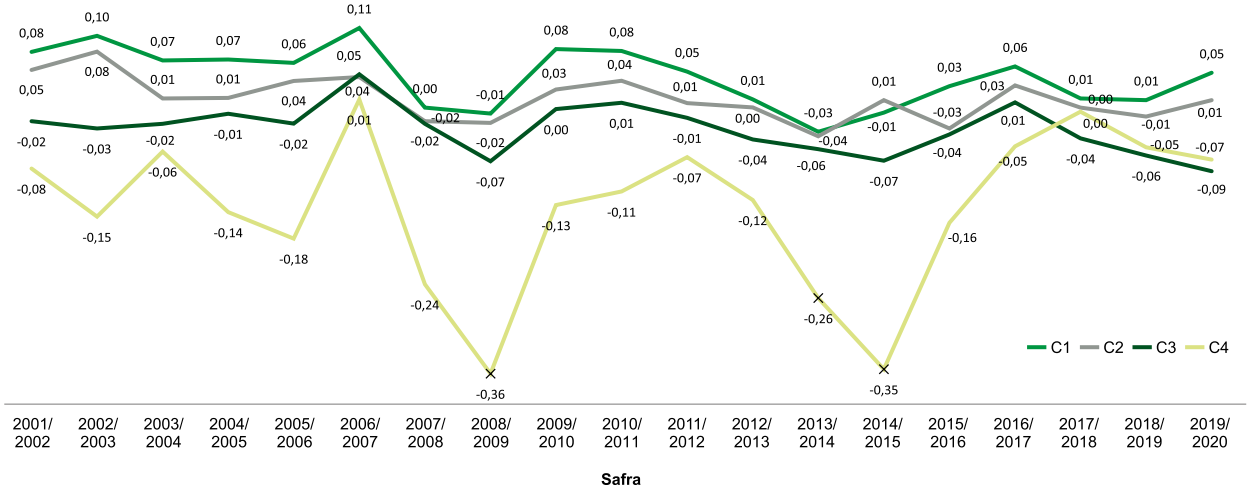


Figura 6. Retorno sobre ativo médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

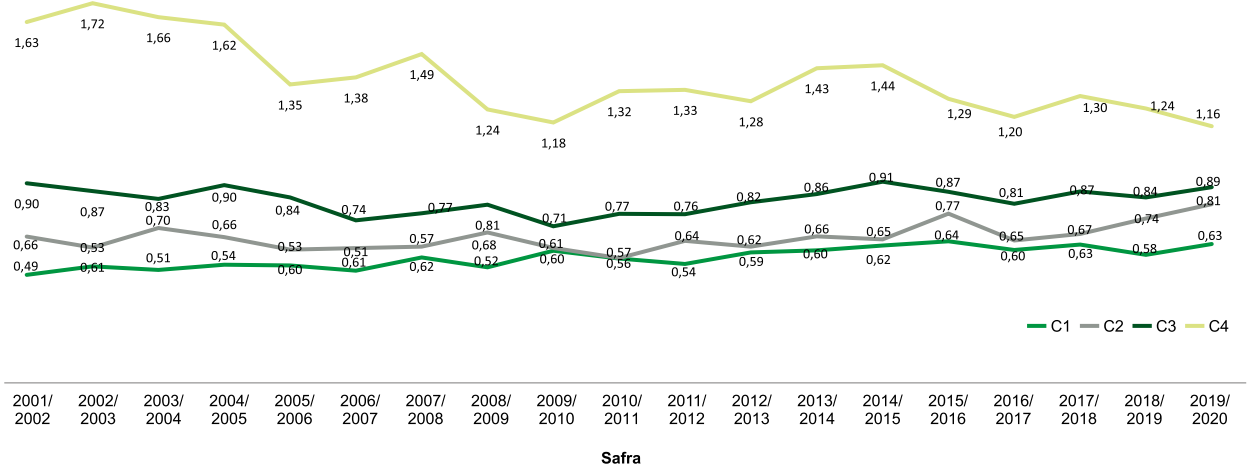


Figura 7. Endividamento geral médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

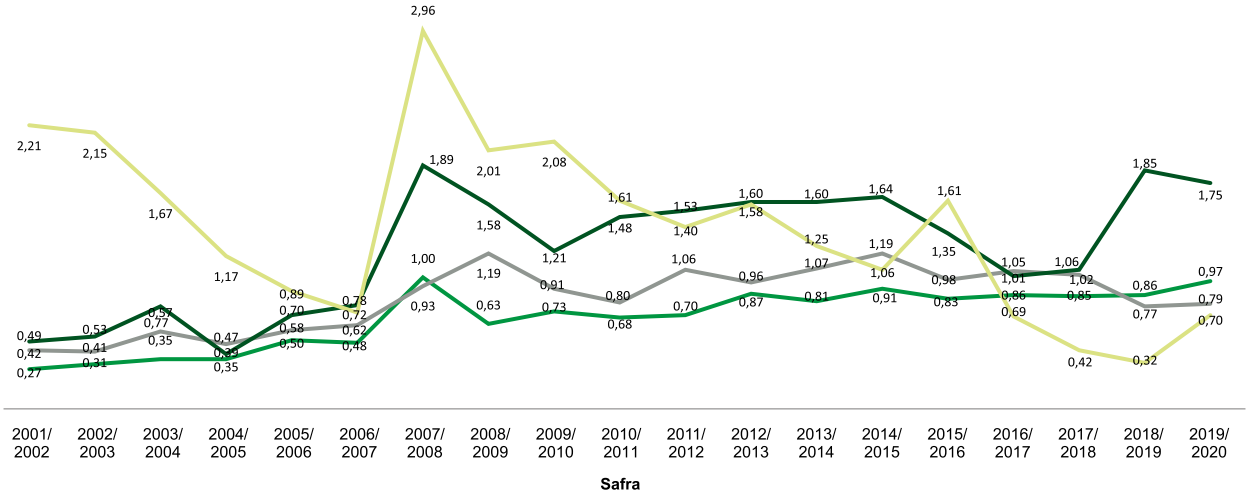


Figura 8. Endividamento oneroso médio dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

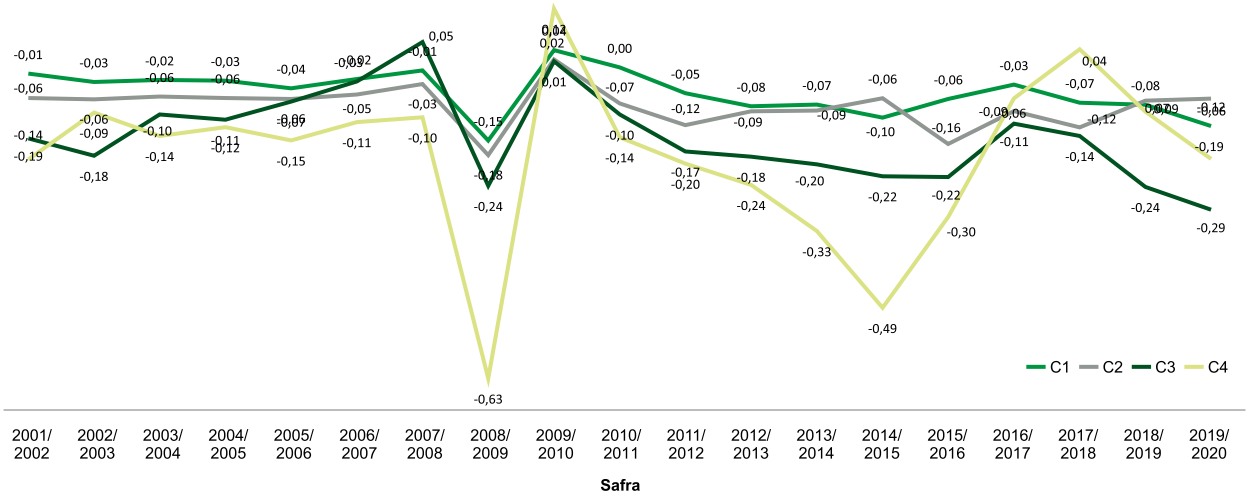


Figura 9. Despesa financeira líquida por faturamento média dos grupos durante as safras de 2001/2002 a 2019/2020.

um ambiente de negócios bastante promissor para novos investimentos em expansão da capacidade de produção do biocombustível. Os benefícios ambientais e associados à geração de emprego justificaram o uso de recursos públicos, via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para financiar parte dessa expansão (Milanez & Nyko, 2012; Neves & Trombim, 2014; Ferracioli et al., 2016). Cabe ainda destacar que uma parte dessa ampliação da capacidade produtiva ocorreu via financiamento de curto prazo, ampliando também a representatividade do grupo 2 na amostra.

Mas esse movimento sofreu uma ruptura sem precedentes em 2008 com o começo da crise financeira internacional, que reduziu a liquidez dos mercados e ampliou expressivamente o custo de crédito em um momento de elevada alavancagem da indústria sucroenergética brasileira e preços pouco remuneradores para seu produto final. Essa condição é retratada nos indicadores financeiros das empresas. Depois

da safra 2006/2007, houve aumento expressivo da parcela do mercado correspondente ao terceiro agrupamento (C3), com queda brusca do número de empresas pertencentes ao primeiro grupo. No ciclo 2007/2008, a queda do lucro operacional (Ebit) da amostra alcançou 149%. O aumento da representatividade de C4 a partir da safra 2008/2009 também evidencia a piora da condição financeira da indústria nesse período. Esse cenário levou a um amplo processo de consolidação na indústria sucroenergética e, como resultado, houve mudança no fluxo de investimentos do setor, que, antes direcionados à construção de novas unidades, depois da crise passaram a ser empregados para a compra de empresas em dificuldade.

O momento pós-crise financeira mundial, por sua vez, deu início a outro período de mudanças no arcabouço institucional brasileiro, caracterizado pelo controle dos preços da gasolina no mercado doméstico. Esse movimento promoveu a deterioração da competitividade do etanol hidratado. Nesse cenário, não existiam incentivos econômicos para a construção de novas unidades produtoras, que, geralmente, são mais dependentes do etanol por causa da pior condição logística para o escoamento do açúcar a partir das regiões onde ocorre a expansão da produção. Além disso, nos anos subsequentes o setor se deparou com um período de superávit no mercado do adoçante, com redução dos preços recebidos pelo produtor e queda da produtividade da lavoura (CTC, 2018).

A situação levou a um aumento crescente do endividamento das unidades e do custo associado ao financiamento de suas operações, com consequente aumento da representatividade de C3 e C4. A dívida total da amostra subiu aproximadamente 430% (R$ 62,67 bilhões) da safra 2007/2008 para a safra 2014/2015. O endividamento oneroso da amostra passou de 0,60 para 1,25 no período. As empresas de C4 comprometeram 49% do seu faturamento com o pagamento dos serviços da dívida na safra 2014/2015 (Figura 9). Além disso, o índice de endividamento geral (Figura 7) desse grupo permaneceu acima de 1 durante todo o período analisado, o que indica a existência de passivo a descoberto (patrimônio líquido negativo). Como consequência, nota-se elevado número de pedidos de recuperação judicial das empresas desse agrupamento. C3, por sua vez, que passou a deter a maior parte das empresas da amostra depois do ciclo 2008/2009, exibiu nível de endividamento que superou o faturamento anual das companhias (Figura 8) e despesas financeiras que chegaram a comprometer, em média, 22% da sua receita (Figura 9). O resultado dessa situação pode ser visto pelo indicador de margem líquida (Figura 5), que, a despeito da margem Ebit (Figura 4) de -1%, registrou o valor de -20% na safra 2014/2015. Mesmo o endividamento dos grupos 1 e 2 cresceram quando comparado a sua receita. Depois da safra 2009/2010, o endividamento oneroso permaneceu acima dos 60% do faturamento anual em todo o período (Figura 8). Embora o retorno sobre ativo tenha sido positivo na maioria dos anos, a intensa redução das margens afetou a atratividade para novos investidores e a capacidade de investimento das empresas desses grupos.

É importante destacar que entre as safras 2010/2011 e 2014/2015 pode-se ter a falsa impressão de melhora da condição da indústria decorrente do aumento do *market-share* de C1 e C2 e da queda da participação de C3. Contudo, isso aconteceu porque, primeiro, houve migração de empresas de C3 para C4 e, segundo, observou-se um movimento de concentração dos grandes grupos econômicos em C1 e C2 – que acaba por elevar a parcela de mercado pertencente aos grupos. De fato, as medidas adotadas nesse período repercutiram com piora sistêmica nos índices e na composição dos grupos representativos da indústria sucroenergética. De 2008 a 2015, houve o fechamento de 96 unidades produtoras no Brasil (EPE, 2020b).

Depois do auge do que pareceu ser uma das maiores crises da história da indústria sucroenergética brasileira, algumas mudanças começaram a ser observadas a partir do ciclo agrícola 2015/2016 nos mercados de açúcar e

de etanol. Quanto ao aspecto técnico, ajustes de gestão e no quadro de colaboradores das unidades produtoras e condições climáticas favoráveis acarretaram melhoria da produtividade agrícola nessa mesma safra, com consequente repercussão nos custos de produção (CTC, 2018). Quanto às mudanças no arcabouço institucional, destaca-se aquela relacionada ao reajuste do preço doméstico da gasolina, que passou a ser efetuado pela Petrobrás em outubro de 2016, após a estatal sofrer graves prejuízos. Em julho de 2017, os ajustes começaram a ser feitos diariamente, para evitar a perda de *market-share* da empresa. Em 2015, o governo e diversos estados retornaram a diferenciação tributária entre etanol e gasolina. Em 2017, a ampliação do déficit público exigiu novo aumento dos tributos federais sobre a gasolina. Apesar de não ser o objetivo das medidas, esse movimento ampliou a competitividade do etanol no mercado doméstico. Por fim, os preços do açúcar recebidos pelos produtores brasileiros melhoraram substancialmente nas safras 2016/2017 e 2017/2018 por causa da desvalorização do real e do aumento das cotações internacionais do produto diante do ciclo de déficit mundial de produção. Nos ciclos 2018/2019 e 2019/2020, o preço da gasolina, agora definido com base da cotação internacional do petróleo, deu sustentação à competitividade do etanol hidratado, que alcançou o maior pico de consumo da série histórica e atingiu 22,5 bilhões de litros comercializados em 2019 (ANP, 2020).

Como resultado dessas mudanças, observou-se aumento da representatividade de C1 e C2, que, juntos, passaram a deter a maior parcela do mercado e o maior número de empresas. O endividamento da indústria cresceu no período, mas a uma taxa inferior à da receita, de modo que o índice de endividamento oneroso geral da amostra recuou de 1,25 na safra 2014/2015 para 0,95 no ciclo 2019/2020. Todavia, há uma evidente heterogeneidade no modo com que essa melhora se manifesta nas empresas da amostra. O aumento das margens de lucratividade depois da safra 2014/2015 são exclusividade dos membros de C1. De modo geral, pode-se afirmar que o cenário mais otimista observado entre as safras 2015/2016 e 2019/2020 permitiu redução da alavancagem e aumento da rentabilidade média da indústria, com muitas empresas migrando para os grupos de melhor situação financeira (C1 e C2). Essas mudanças pontuais, entretanto, não foram suficientes para garantir a revitalização da indústria no médio e longo prazos, já que 34% do *market-share* e 43% dos grupos econômicos pertencem a C3 e C4, grupos cuja situação econômico-financeira ainda é delicada. Mesmo C2, que passa a deter a maior parcela das empresas e o *market-share* no último ano, possui margens líquidas (Figuras 5 e 6) próximas de zero.

Considerações finais

Os resultados deste estudo – contrapondo as mudanças observadas na conjuntura econômica, nas condições produtivas e no conjunto de políticas públicas com impacto no mercado de etanol, especialmente – revelaram como evoluiu a condição econômico-financeira do setor sucroenergético brasileiro nos últimos 19 anos. A análise dos resultados evidencia quatro fases determinantes para a performance financeira do setor sucroenergético e a formação da estrutura da indústria em quatro *clusters*. A primeira foi marcada pela introdução da frota de carros flex no mercado brasileiro no início da década de 2000 e pelo crescimento da representatividade do *cluster* C1. A segunda fase se refere à ruptura na condição financeira das empresas em 2008, com a crise financeira internacional. Como consequência, foi observada queda das margens de lucro que, concomitantemente à alavancagem alta, resultou no aumento da representatividade dos *clusters* com maiores dificuldades financeiras e na saída de empresas da amostra por causa do intenso movimento de consolidação no setor, com fusões e fechamento de unidades produtoras.

No período pós-crise financeira, observou-se a administração do preço dos derivados no mercado interno a partir de desonerações sobre a gasolina e a prática de valores internos inferiores aos praticados internacionalmente, o que

conferiu, inclusive, perdas financeiras nas importações de gasolina pela Petrobrás. Essa condição prejudicou substancialmente a situação econômico-financeira da indústria sucroenergética, fazendo subir o endividamento das empresas e cair sua rentabilidade. Como consequência, houve aumento da representatividade dos *clusters* C3 e C4. A partir de 2015, a preocupação com o controle inflacionário dá lugar à necessidade de aumento de receitas para a redução do *déficit* público. Essa condição proporcionou um período de altas recorrentes dos tributos sobre combustíveis, com maior incidência sobre a gasolina. Nesse mesmo momento, as perdas impostas à Petrobrás exigiram a implementação de uma nova política de preços domésticos para os derivados, alinhando os valores internos àqueles vigentes no mercado internacional. Essa mudança trouxe maior previsibilidade aos preços e garantiu competitividade ao etanol. Essa condição, aliada à melhoria dos preços mundiais do açúcar, é refletida na condição financeira das empresas produtoras de etanol a partir da safra 2015/2016.

A despeito da melhora dos indicadores da indústria no período recente, é necessário destacar que na última safra analisada 32% das empresas ainda pertenciam a C3 e 11%, a C4. O primeiro (C3) é o grupo que exibe margens líquidas negativas e endividamento geral médio de 89% na safra 2019/2020. Quanto a C4, suas empresas vivenciam situação insustentável para seu crescimento e mesmo para sua continuidade, pois operam com margens líquidas, margens operacionais e patrimônio líquido negativos. Além disso, é importante destacar que 21 empresas originalmente contempladas no espaço amostral deste estudo não estão sendo contabilizadas na safra 2019/2020 por causa da situação de recuperação judicial, que desobriga a divulgação dos demonstrativos financeiros. Apesar de 11% das empresas estarem em C4, quando elas são consideradas membros "ocultos" desse grupo, a representatividade se eleva para 29%. Somado ao percentual de C3, isso resulta, portanto, que 55% das empresas peretencem a grupos de saúde financeira bastante crítica.

Os resultados evidenciam que a condição financeira atual do setor é bastante heterogênea. A maior parte das empresas possuem potencial para a readequação financeira e o crescimento da produção no longo prazo. Todavia, as condições observadas na safra 2019/2020 sugerem que 43% das empresas (55% quando considerados os membros ocultos de C4), isto é, C3 e C4, não possuem condições de elevar sua produção de forma substancial no curto e médio prazos. A situação sugere que investidores externos à indústria que desejam empregar recursos podem priorizar a aquisição de empresas em má condição financeira em vez de investirem na construção de novas unidades produtoras. Nessa condição, a sistemática de classificação via SVM, implementada neste estudo, pode ser bastante útil para a realização de *benchmarking* das empresas em operação, direcionando eventuais operações de compra e concessão de crédito, além de permitir aos gestores das unidades em operação a definição de um padrão de metas e diretrizes objetivas.

Neste ponto, a implementação da Política Nacional de Biocombustíveis pode estabelecer um novo marco para o setor sucroenergético ao definir uma estratégica de longo prazo para o uso de biocombustíveis no País. Essa é uma condição fundamental para o alcance das metas de descarbonização e para um novo ciclo de investimento na produção de etanol diante das alterações constantes de políticas públicas nos últimos anos, com medidas delineadas para atender a interesses dissociadas, na maior parte das vezes, da garantia do abastecimento interno.

Referências

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2020**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario2020/anuario.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados Estatísticos**. 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 31 out. 2020.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Histórico de Estatísticas**: nota para a imprensa. 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/historicoestatisticas>. Acesso em: 31 out. 2020.

BARNES, P. Methodological Implications of Non-Normally Distributed Financial Ratios. **Journal of Business Finance e Accounting**, v.9, p.51-62, 1982. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.1982.tb00972.x.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm>. Acesso em: 31 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Desenvolvimento Sustentável – Agroenergia**. 2020a. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Relação Anual de Informações Sociais – RAIS**. 2020b. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br>. Acesso em: 31 out. 2020.

BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, v.45, p.5-32, 2001. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1010933404324.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.H.; OLSHEN, R.A.; STONE, C.J. **Classification e Regression Trees**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 368p.

BRESSAN FILHO, A. **Os fundamentos da crise do setor sucroalcooleiro no Brasil**. 2010. Relatório da Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/fundamentos-da-crise-do-setor-sucroalcooleiro-no-brasil-conab>. Acesso em: 28 jul. 2020.

CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: an R package for determining the relevant number of clusters in a data set. **Journal of Statistical Software**, v.6, p.1-36, 2014. DOI: https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06.

CNPE. Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução nº 8, de 18 de agosto de 2020**. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. 2020. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes>. Acesso em: 19 ago. 2020.

CRBIO. Cômite RenovaBio. **Consulta Pública nº 94, de 5 de junho de 2020**. Consulta pública sobre a proposta de definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis e dos seus intervalos de tolerância da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (Lei do RenovaBio), a ser encaminhada ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/crbio>. Acesso em: 19 ago. 2020.

CTC. Centro de Tecnologia Canavieira. **Panorama da Safra e Perspectivas**. 2018. Disponível em: <https://unica.com.br/publicacoes>. Acesso em: 31 out. 2020.

DESGRAUPES, B. ***cluster*Crit**: Clustering Indices. R package version 1.2.8. 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=clusterCrit>. Acesso em: 10 jan. 2018.

EISENBEIS, R.A. Pitfalls in the application of discriminant analysis in business, finance, and economics. **The Journal of Finance**, v.32, p.875-900, 1977. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1977.tb01995.x.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020**: ano base 2019. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto**. 2020b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/cenarios-oferta-etanol-e-demanda-ciclo-otto>. Acesso em: 31 out. 2020.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Economic Research Service. **Sugar e Sweeteners Outlook**. 2020. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov>. Acesso em: 31 out. 2020.

EVERITT, B.S.; LANDAU, S; LEESE, M.; STAHL, D. **Cluster Analysis**. 5th ed. West Sussex: J. Wiley & Sons, 2011. 352p. DOI: https://doi.org/10.1002/9780470977811.

FERRACIOLLI, K.G.; BACHA, C.J.C.; JACOMINI, R.L. Linhas de crédito do BNDES para o setor sucroenergético brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano25, p.52-61, 2016.

FISHER, R.A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. **Annals of Human Genetics**, v.7, p.179-188, 1936. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02137.x.

GUEDES, S.N.R.; PÉRICO, E.A.; PERES, F.B.; SANTOS, R.G. Trajetória e indicadores econômico-financeiros na agroindústria brasileira: o caso do grupo Cosan. In: SANTOS, G.R. dos (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil**: desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p.83-111.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. **The elements of statistical learning**: data mining, inference, e prediction. 2nd ed. New York: Springer, 2009. 745p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7.

HAYKIN, S. **Redes neurais**: princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 898p.

HORRIGAN, J.O. Methodological Implications of Non-Normally Distributed Financial Ratios: A comment. **Journal of Business Finance & Accounting**, v.10, p.683-689, 1983. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.1983.tb00462.x.

HORRIGAN, J.O. Some empirical bases of financial ratio analysis. **The Accounting Review**, v.40, p.558-568, 1965.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6th ed. New Jersey: Pearson, 2007. 800p.

KLECKA, W.R. **Discriminant analysis**. Newbury Park: Sage Publications, 1980. 72p. (Quantitative Applications in the Social Sciences, 19). DOI: https://doi.org/10.4135/9781412983938.

MARTINS, H.H.; GOES, T.H.M.; SHIKIDA, P.F.A.; GIMENES, R.M.T.; PIACENTI, C.A. Estrutura de capital e alavancagem financeira de empresas da agroindústria canavieira: um estudo multicaso para o Centro-Oeste. **Gestão & Regionalidade**, v.31, p.76-93, 2015. DOI: https://doi.org/10.13037/gr.vol31n93.2430.

MILANEZ, A.Y.; NYKO, D. O futuro do setor sucroenergético e o papel do BNDES. In: SOUSA, F.L. de (Org.). **BNDES 60 anos**: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: BNDES, 2012. p.62-87.

MILLIGAN, G.W.; COOPER, M.C. An examination of procedures for determining the number of *clusters* in a data set. **Psychometrika**, v.50, p.159-179, 1985. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02294245.

MORAES, M.A.F.; ZILBERMAN, D. The free market: the profound changes and the new agenda. In: MORAES, M.A.F.; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil**: from state intervention to a free market. New York: Springer, 2014. p.149-193. (Natural Resource Management and Policy, v.43). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03140-8_14.

MORAES, M.L. de; BACCHI, M.R.P. Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, ano23, p.5-22, 2014.

NASCIMENTO, D. Crise nas usinas chega à Justiça. **Revista RPA News**, n.164, p.6-13, 2014.

NASTERI, P. **Avaliação e perspectivas do setor sucroenergético**. Brasília: Câmara Setorial de Açúcar e Álcool, 2014.

NEVES, M.F.; TROMBIM, V.G. (Coord.). **A dimensão do setor sucroenergético**: mapeamento e quantificação da safra 2013/2014. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEARP/USP, 2014. 62p.

NORILLER, R.M.; CHAEBO, G.; BASTOS, S.P.S.; LOPES, A.C.V.; HALL, R.J. Comparação econômico-financeira por índices-padrão de usinas sucroenergéticas listadas na BM&F Bovespa S.A. **Revista de Administração da UEG**, v.2, p.58-77, 2011.

RAMOS, P. Tragetória e situação atual da agroindustria canavieira do Brasil e do mercado de álcool carburante. In: SANTOS, G.R. dos (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil**: desafios, crises e perspectivas. Brasília: Ipea, 2016. p.47-82.

RODRIGUES, L.; BACCHI, M.R.P. Light fuel demand e public policies in Brazil, 2003-2013. **Applied Economics**, v.54, p.5300-5313, 2016. DOI: https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1176115.

RODRIGUES, L.; RODRIGUES, L. Economic-financial performance of the Brazilian sugarcane energy industry: an empirical evaluation using financial ratio, *cluster* e discriminant analysis. **Biomass and Bioenergy**, v.108 p.289-296, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.013.

WARD JR., J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v.58, p.236-244, 1963. DOI: https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845.

Análise das contratações do Programa ABC em uma instituição financeira nas safras 2017/2018 e 2018/2019[1]

Gabrielle de Almeida Ribeiro[2]
Luis Gustavo Baricelo[3]

Resumo – A acelerada e contínua expansão da população mundial vem conduzindo os países a uma crescente demanda pelo setor agropecuário e, para atendê-la, é fundamental o desenvolvimento de uma produção sustentável. O incentivo à sustentabilidade agropecuária pode ser por meio de financiamentos, como o Programa ABC. Tendo em vista a importância desse programa, o objetivo deste estudo foi analisar o perfil do produtor rural, cliente de um banco nacional contratante da modalidade ABC, bem como entender as características das operações do programa realizadas nas safras 2017/2018 e 2018/2019 com esse banco. No perfil analisado, nota-se predominância de produtores do gênero masculino e com faixa etária entre 44 e 73 anos. A maior parte dos contratantes é natural de São Paulo e Minas Gerais, de grandes produtores e tem nível superior completo. O desembolso para a atividade agrícola foi maior do que o volume investido na pecuária. Os projetos com os maiores financiamentos foram Plantio Direto e Recuperação. A região Sudeste é a que se destacou na contratação do Programa ABC, com São Paulo e Minas Gerais liderando a tomada de recursos. Pecuária de corte, cana-de-açúcar e soja são os produtos que mais utilizaram o financiamento ABC. Informações obtidas neste estudo evidenciaram que programas financeiros, exclusivamente, não são suficientes para o estímulo à sustentabilidade da agropecuária. A capacitação de produtores e agentes financeiros e a criação de condições de financiamento específicas para regiões de maior vulnerabilidade às condições edafoclimáticas são essenciais.

Palavras-chave: agricultura de baixo carbono, agricultura sustentável, economia verde.

Contract analyses for the ABC Program from a financial institution in the 2017/2018 and 2018/2019 crop years

Abstract – The accelerated and continuous worldwide population expansion has been leading countries to an increasing demand to the agricultural sector and, in order to meet this requirement, the development of a sustainable production is essential. The incentive to agricultural sustainability

[1] Original recebido em 10/11/2021 e aprovado em 26/1/2022.

[2] Bióloga, especialista em agronegócio. E-mail: gribeiro0206@gmail.com

[3] Doutor em Economia Aplicada, professor da Faculdade de Ciências Aplicadas e Políticas da Universidade Federal de Rondonópolis (Facap/UFR). E-mail: luis.baricelo@ufr.edu.br

can be given through financing, such as those from the ABC Program. In view of the importance of this Program, the present study aimed to analyze the profile of the rural producer as a client of a national bank contracting the ABC modality, as well as to understand the characteristics of the Program operations carried out in the 2017/2018 and 2018/2019 crop years through that financial institution. In the analyzed profile, we observed a predominance of male producers aged between 44 and 73 years. Most of the contractors are from São Paulo and Minas Gerais states, they have completed higher education and are large producers. In the operations, a greater disbursement was observed for the agricultural activity than for the volume invested in livestock. The projects that received the greatest funding were *Plantio Direto* (No-tillage) and *Recuperação* (Recovery). The Southeast region is the one that stands out for contracting in the ABC Program, in which São Paulo and Minas Gerais states are the leading resource borrowers. Beef cattle, sugarcane, and soybean are the products which most used the ABC financing. Information obtained in this study showed that financial programs, exclusively, are not sufficient to encourage the agricultural sustainability. Training for producers and financial agents and the creation of specific financing terms for regions with greater vulnerability to edaphoclimatic conditions are essential.

Keywords: low carbon agriculture, sustainable agriculture, green economy.

Introdução

Estima-se que a população mundial, de 7,7 bilhões de indivíduos, chegará até o fim do século 21 com 11 bilhões de pessoas (United Nations, 2019). A expansão populacional acelerada e contínua juntamente com o crescimento da renda (Saath & Fachinello, 2018) e o estímulo ao uso de biomassa como fonte de energia elétrica e combustível (Banco do Brasil, 2019) devem influenciar diretamente a demanda do setor agropecuário. Nesse contexto, países com possibilidades de expansão da fronteira agrícola ganham destaque e a atenção do agronegócio (Assad et al., 2012).

O Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas e possui grande potencial de crescimento quando se consideram a abundância de seus recursos naturais, as condições climáticas e o conhecimento tecnológico (Assad et al., 2012; Lopes et al., 2016). Entretanto, a preocupação com a conservação ambiental tem imposto limites à expansão do uso da terra para fins agrícolas e tornado imprescindível o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a produtividade e minimizem os impactos ambientais (Saath & Fachinello, 2018).

Mas como atender, então, ao aumento da demanda de forma sustentável? A implantação de uma economia verde pode trazer o equilíbrio necessário para que haja a sustentabilidade agropecuária, pois se trata de um modelo que leva em consideração a finitude dos recursos naturais e os serviços do ecossistema para a tomada de decisões (IPEA, 2012). Para isso, práticas ecologicamente corretas são aplicadas aos diversos tipos de cultivo, o que envolve o uso eficiente da água, o uso de nutrientes naturais e orgânicos, o manejo integrado de pragas e a cultura ideal do solo (Assad et al., 2012).

A transição para uma economia verde depende de condições facilitadoras, como programas de financiamento que estimulam a agricultura sustentável. Diante disso, o sistema financeiro tem papel relevante para que essa mudança seja viável (Febraban, 2019), não só pela disponibilização de crédito rural, mas também pela definição de critérios rigorosos que promovam práticas de negócios sustentáveis e selecionem atividades cujos impactos ambientais e sociais sejam mínimos ou nulos (WWF, 2014; Freitas, 2018).

Operações de crédito destinadas à economia verde estão cada vez mais no radar das instituições financeiras. Em 2018, aproximadamente 25% dos recursos liberados por essas instituições no Brasil foram destinados à agricultura de baixo

carbono, à preservação ambiental, à eficiência no uso dos recursos naturais e à inclusão social (Mélo, 2018). Nesse período, as 15 maiores instituições financeiras brasileiras liberaram R$ 314 bilhões para a economia verde, o que corresponde a 20,8% de toda a carteira de crédito desses bancos para pessoas jurídicas, que era de R$ 1.508 bilhão (Febraban, 2019).

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), a agricultura é responsável pela emissão de mais de 13% dos gases de efeito estufa (GEE), consome mais de 70% dos recursos hídricos e está relacionada a três ou até cinco milhões de casos de envenenamento por agrotóxicos, com mais de 40 mil mortes por ano (Assad et al., 2012). No Brasil, vale ressaltar que parcela significativa das emissões de GEE vem do setor agropecuário, mais precisamente um quarto das emissões nacionais brutas (FGV, 2012).

Com base nisso, foi criado, em 2010, o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), que surgiu a partir de um acordo internacional sobre mudanças climáticas em que o Brasil se dispôs a reduzir as emissões de GEE com o objetivo de desacelerar o aumento da temperatura média do planeta (Freitas, 2018). A atuação do plano é de âmbito nacional e com duração de 2010 a 2020 (Paixão & Bacha, 2015).

Para que as metas estabelecidas nesse plano fossem atingidas, criou-se o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC), uma linha de crédito rural para apoio à agricultura sustentável com projetos específicos para mitigação da emissão de GEE na agropecuária (Lopes et al., 2016).

Mesmo com conhecimentos científico e tecnológico e incentivos às práticas sustentáveis no setor agropecuário, o Brasil não é líder na produção ambientalmente sustentável. Para atingir esse patamar, são necessários investimentos ainda mais expressivos, com programas de financiamento fortes que estimulem a economia verde (Assad et al., 2012).

Dessa forma, estudos que envolvam financiamentos para o setor agropecuário podem ajudar a compreender o cenário no qual a economia verde está inserida e as oportunidades de melhoria nesse contexto. Tendo em vista a importância do Programa ABC para o incentivo à produção sustentável no Brasil, e considerando que pesquisas sobre o tema enriquecem sua funcionalidade e aplicação, o objetivo deste estudo foi analisar o perfil do produtor rural contratante desse programa e cliente de um banco nacional com significativa participação na contratação desse tipo de financiamento, bem como entender as características das operações do programa realizadas nas safras 2017/2018 e 2018/2019 por meio dessa instituição.

Material e métodos

Este estudo usou dados fornecidos por um banco brasileiro de expressiva atuação no agronegócio nacional. Por questão de sigilo, não será divulgado o nome da empresa nem identificados os indivíduos envolvidos na pesquisa.

Em dezembro de 2019, fez-se contato com a diretoria de agronegócios do banco, detentora das informações necessárias para a elaboração do estudo. Foram solicitados os seguintes dados desagregados sobre os contratos do Programa ABC firmados nas safras 2017/2018 e 2018/2019: Unidade de Federação da atividade financiada; tipo de atividade rural (agricultura ou pecuária); tipo de projeto (ABC Ambiental; ABC Bioma Amazônia; ABC Cultivos Permanentes; ABC Dendê; FCO Pronatureza; ABC Fixação; ABC Florestas; ABC Integração; ABC Orgânico; ABC Plantio Direto; ABC Recuperação; ABC Tratamento de Dejetos); produto financiado (avicultura, bovinos, suinocultura, café, soja, milho, entre outros); item financiado – destino do financiamento (máquinas, recuperação do solo, barragem, galpão, entre outros); e valor do item financiado.

A Diretoria de Agronegócios forneceu também os dados relacionados ao perfil dos produtores rurais contratantes do Programa ABC

nas duas safras: gênero, idade, naturalidade, grau de instrução e porte (pequeno, médio e grande), definido com base na renda bruta anual (RBA).

Em janeiro de 2020, a diretoria entregou o levantamento: 1.822 clientes para a safra 2017/2018, com 1.962 contratos do Programa ABC; e 1.338 clientes para 2018/2019, com 1.444 contratos. A diferença entre o número de clientes e o número de contratos decorre do fato de o cliente poder contratar mais de uma operação. Além disso, um mesmo contrato pode ter mais de um item financiado (destino). Em 2017/2018 o número de itens financiados foi 3.876 e em 2018/2019, 2.811.

Por causa dessa estrutura dos dados, entendeu-se que a apresentação dos resultados com base no número de contratos não refletiria a realidade do cenário estudado e, por isso, o volume em reais (valor nominal) desembolsado por item financiado foi considerado o mais indicado. Para ficar mais claro, supõe-se que o número de contratos para o projeto Plantio Direto tenha sido 400 e para Recuperação, 300. Mas o projeto Plantio Direto não necessariamente foi o de maior desembolso de crédito, pois para o outro projeto pode ter havido maior volume financiado. A mesma lógica serve para o número de itens financiados; afinal, uma quantidade superior deles não é indicativo de que para o projeto houve maior desembolso de crédito.

Para uma análise mais aprofundada dos dados, de modo a inferir sobre a demanda pelo Programa ABC, bem como traçar um perfil dos produtores contratantes, o método aqui adotado foi o analítico-descritivo.

Os dados brutos foram tabulados e trabalhados via Excel, e a análise, por sua vez, foi feita com base em comparações entre as informações obtidas no estudo e o que existe na literatura, com destaques para os levantamentos feitos pelo Observatório ABC.

Os resultados obtidos foram confrontados também com os dados do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017). Embora o censo seja de cunho populacional e esta pesquisa, amostral, considerou-se pertinente a comparação pelo fato de a empresa ter forte atuação no setor agropecuário e, portanto, pôde fornecer uma quantidade significativa de dados.

Resultados e discussão

Programa ABC

O Brasil participa ativamente de debates relacionados às mudanças climáticas desde a Rio 92. Em 2009, o País assumiu o compromisso de reduzir a emissão de GEE durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15) e promulgou a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC) (Brasil, 2012).

Para tanto, foi criado o Plano ABC, regulamentado no Artigo 3º, item IV, do Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010 (Brasil, 2010), em que se definiram outros quatro planos para garantir a manutenção dos biomas e a mitigação das mudanças climáticas: I – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm); II – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado); III – Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE); IV – Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC); e V – Plano de Redução de Emissões da Siderurgia.

O Decreto nº 7.390 foi revogado pelo Decreto nº 9.578, de 22 de dezembro de 2018, que manteve no Artigo 17º os mesmos planos e finalidades. O Artigo 18º deste último decreto menciona uma projeção nacional de emissão de 3.236 milhões de toneladas de CO_2 equivalente para 2020, sendo 730 milhões de toneladas emitidas só pelo setor agropecuário. (Brasil, 2018).

O Brasil é responsável por aproximadamente 3% da emissão mundial de GEE, e as três maiores contribuições para esse percentual vêm da mudança do uso da terra, do setor de energia e da agropecuária (Assad & Martins, 2015).

No Artigo 12º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, o Brasil assumiu o compromisso nacional voluntário de reduzir de 36,1% a 38,9% suas emissões de GEE projetadas até 2020 (Brasil, 2009). Para isso, o Artigo 19º do Decreto Nº 9.578 determina redução de 1.168 a 1.259 milhões de toneladas de CO_2 equivalente em relação ao total da emissão estimada para 2020, que é de 3.236 milhões de toneladas (Brasil, 2018). Já o setor agropecuário deve contribuir com redução de 22,5% das emissões de GEE (Brasil, 2012). Diante disso, no Artigo 19º do mesmo decreto foram traçadas para o setor as seguintes ações: i) recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas; ii) expansão de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em 4 milhões de hectares; iii) expansão do uso da técnica de fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares; iv) expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares; e v) ampliação para tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos animais (Brasil, 2018).

Para alcançar esses objetivos, o Plano ABC estimou um custo de R$ 197 bilhões entre 2011 e 2020, quando encerra sua vigência (Observatório ABC, 2019). É nesse contexto que surge o Programa ABC como aliado do setor agropecuário para o cumprimento das metas. Trata-se de um financiamento regulamentado na Resolução Bacen 3.979, de 31 de maio de 2011 (Bacen, 2011), que define os seguintes itens como objetivos do programa: I – reduzir emissões de GEE provenientes das atividades agropecuárias; II – diminuir o desmatamento; III – aumentar a produção agropecuária sustentável; IV – regularizar as propriedades rurais conforme legislação ambiental vigente; V – expandir a área de florestas cultivadas; e VI – incentivar a recuperação de áreas degradadas.

Além disso, o Programa ABC, de acordo com a destinação do crédito, foi dividido em sete subprogramas: a) ABC Recuperação – visa recuperar o potencial produtivo de pastagens degradadas; b) ABC Plantio Direto – financia sistemas rotacionados que mantêm resíduos vegetais sobre a superfície do solo; c) ABC Integração – financia sistemas de produção que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais; d) ABC Fixação – financia o uso de microrganismos responsáveis por transformar o nitrogênio atmosférico em forma nitrogenada capaz de ser absorvida pelas plantas e, com isso, diminuir o uso de fertilizantes; e) ABC Florestas – financia a plantação de florestas para fins comerciais, sobretudo eucalipto e pínus; f) ABC Ambiental – financia projetos para regularização ambiental e reconstituição de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL); e g) ABC Dejetos – financia a implantação de sistemas de tratamento de dejetos e resíduos oriundos da produção animal para geração de energia e compostagem (Observatório ABC, 2019).

Os agentes desembolsadores de recursos do Programa ABC são o Banco do Brasil e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (Observatório ABC, 2019). Este último promove o apoio direto, quando o financiamento tem valor superior a R$ 10 milhões, ou o apoio indireto por meio de bancos credenciados para o repasse (BNDES, 2020). Entre eles estão os privados, cuja carteira tem baixa representatividade para esse tipo de financiamento (FGV, 2012).

Financiamentos disponibilizados pelos fundos constitucionais, principalmente os do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) e do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO), cujas finalidades se enquadrem nos objetivos do Programa ABC passaram a ser reportados por meio dele (Observatório ABC, 2019). Por isso, em tópico mais adiante, serão apresentados números também referentes ao financiamento FCO Pronatureza.

A instituição financeira que forneceu os dados para este estudo tem participação fundamental e de destaque no desembolso de recursos para o Programa ABC (Paixão & Bacha, 2015).

Perfil do produtor rural

Para análise do perfil do produtor rural contratante do Programa ABC nas safras

2017/2018 e 2018/2019, por meio da instituição financeira em estudo, foram consideradas as seguintes variáveis: gênero, idade, naturalidade, grau de instrução e porte (pequeno, médio e grande).

As variáveis gênero e idade foram analisadas em conjunto por meio de um gráfico de pirâmide desenvolvido para cada safra (Figura 1). O recuo do número de clientes de uma safra para a outra não necessariamente reduziu o volume financiado, como será discutido mais adiante.

Nos gráficos da Figura 1, percebe-se clara semelhança entre as distribuições. Ambos evidenciam predominância de produtores do gênero masculino entre 44 e 73 anos, faixa etária representada por 70,7% dos homens na safra 2017/2018 e por 72,6% em 2018/2019. A idade média dos homens na safra 2017/2018 é de 56 anos, o produtor mais jovem tem 20 anos e o mais velho, 92. Já em 2018/2019, os números são 55, 22 e 92 anos. As mulheres concentram-se na faixa entre 44 e 67 anos, cujo percentual corresponde a 62,4% para a safra 2017/2018 e 59% para 2018/2019. A idade média é de 56 anos para os dois períodos. Na safra 2017/2018, a produtora mais jovem tem 20 anos e a mais velha, 92. Na outra safra, 22 e 92 anos.

Esses resultados estão alinhados com o Censo Agropecuário 2017[4] (IBGE, 2017), em que 66,30% dos homens e 62,40% das mulheres têm de 35 a 64 anos. O censo mostra também que 11,25% dos produtores rurais brasileiros possuem menos de 35 anos, resultado semelhante ao obtido neste estudo: 6,25% e 6,87% de produtores com idade inferior a 35 anos nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente.

Esse percentual baixo de produtores jovens retrata o êxodo e o envelhecimento da população rural. Para Puntel et al. (2011), a população rural mais jovem, diferentemente dos pais e avós, tem um espaço social menos restrito. Isto é, a geração atual tem acesso amplo a outros valores, culturas e realidades, o que permite que questionem sobre o que fazem e, por consequência, ampliem suas opções de vida. O resultado é a migração de muitos jovens para os centros urbanos. Os autores apontam também a ausência de infraestrutura de saúde, de trabalho permanente e de opções de lazer e cultura como fatores que tiram os mais jovens do campo. Essa migração, contudo, gera desafios e obstáculos para a sucessão familiar nos negócios. O Índice de Confiança do Agronegócio[5] (Índice..., 2016) evidencia essas dificuldades: 71% dos filhos não participam do dia a dia da propriedade.

A Figura 1 mostra também que a participação das mulheres é drasticamente menor na contratação desse tipo de financiamento. Nas duas safras, o gênero masculino representa mais de 80% das contratações. Essa forte representação dos homens é reflexo do que é encontrado no agronegócio em geral. O Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017) aponta que 81% dos produtores rurais são homens e 19%, mulheres.

Camarano & Abramovay (1999) trazem uma discussão sobre as causas da masculinização rural. Para eles, o predomínio jovem e feminino nas migrações decorre da busca das mulheres por se libertarem de uma cultura tradicional machista e se tornarem independentes e com oportunidades de ensino e trabalhos qualificados.

Em relação à naturalidade dos produtores contratantes do Programa ABC, a Figura 2 mostra similaridade entre as safras, ambas com concentração de indivíduos nascidos em São Paulo (586 em 2017/2018 e 359 em 2018/2019) e Minas Gerais (296 e 237).

De acordo com o DataSebrae (2018), a Bahia, Minas Gerais, o Rio Grande do Sul e o Paraná são os estados que possuem o maior número de produtores rurais. Em contrapartida, as amostras das duas safras mostram que São Paulo é o estado onde nasceu o maior número

[4] O resultado considera informações de 15.105.125 pessoas ocupadas em 5.073.324 estabelecimentos agropecuários no Brasil (IBGE, 2017).

[5] Foram realizadas 1.500 entrevistas e um painel com 645 produtores agropecuários de 16 estados (Índice..., 2016).

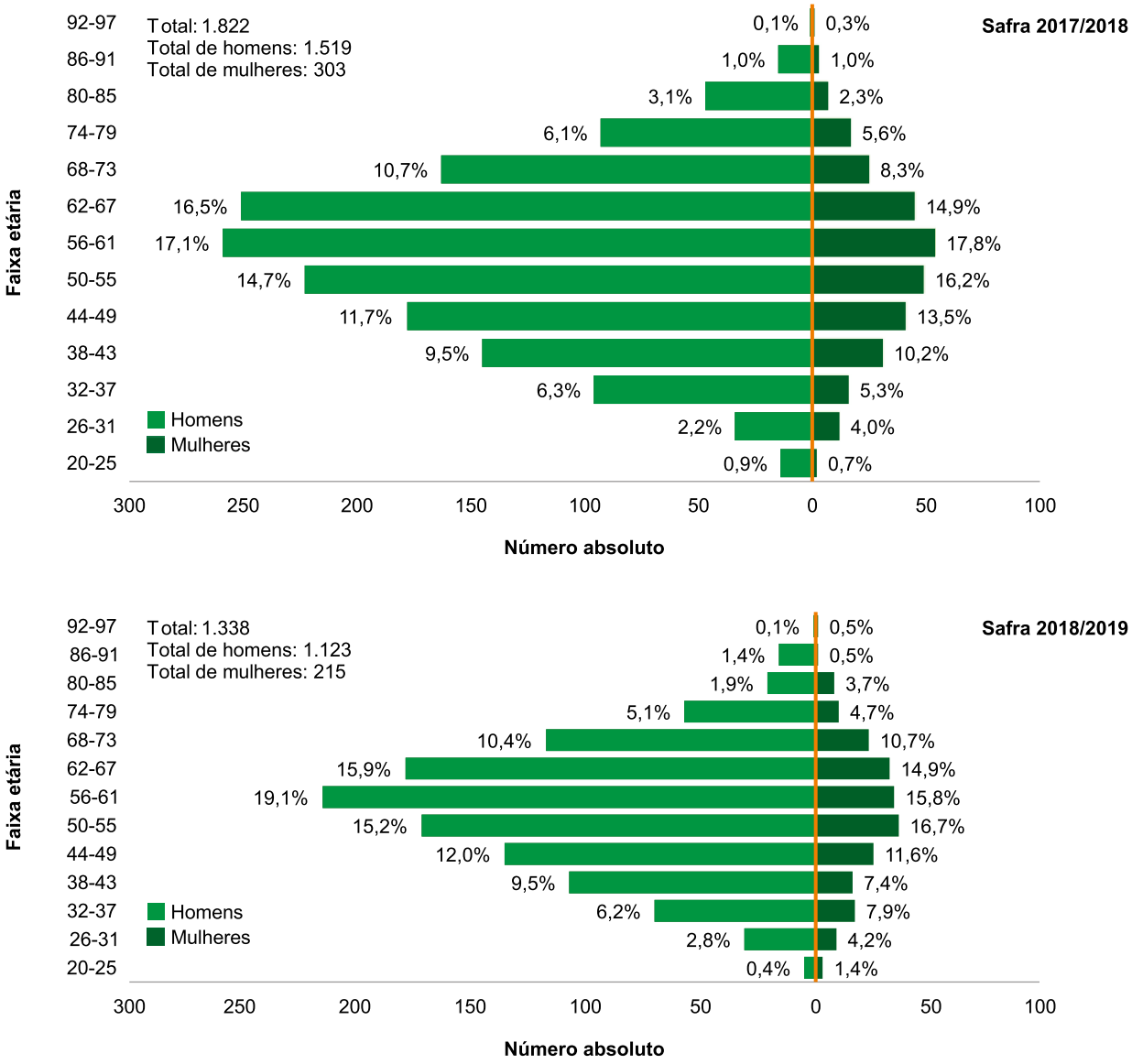


Figura 1. Programa ABC – distribuição por faixa etária e gênero dos contratantes nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

de produtores contratantes do Programa ABC. Isso, porque é de São Paulo o maior volume de contratação do financiamento em questão, como será visto adiante.

Quanto ao grau de instrução, a Figura 3 mostra que os produtores das duas safras têm, a maioria, ensino médio ou superior completo. Na safra 2017/2018 predominam produtores com ensino superior completo (45,06%), enquanto na safra 2018/2019 o maior número é o dos que possuem ensino médio (41,33%).

O Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017) mostra que só 5,58% dos produtores rurais têm ensino superior. Esse número vai de encontro ao resultado obtido nesta pesquisa, que identificou que pelo menos 40% dos produtores têm ensino superior em ambas as safras. Essa discrepância deixa claro que o Programa ABC, no geral, é

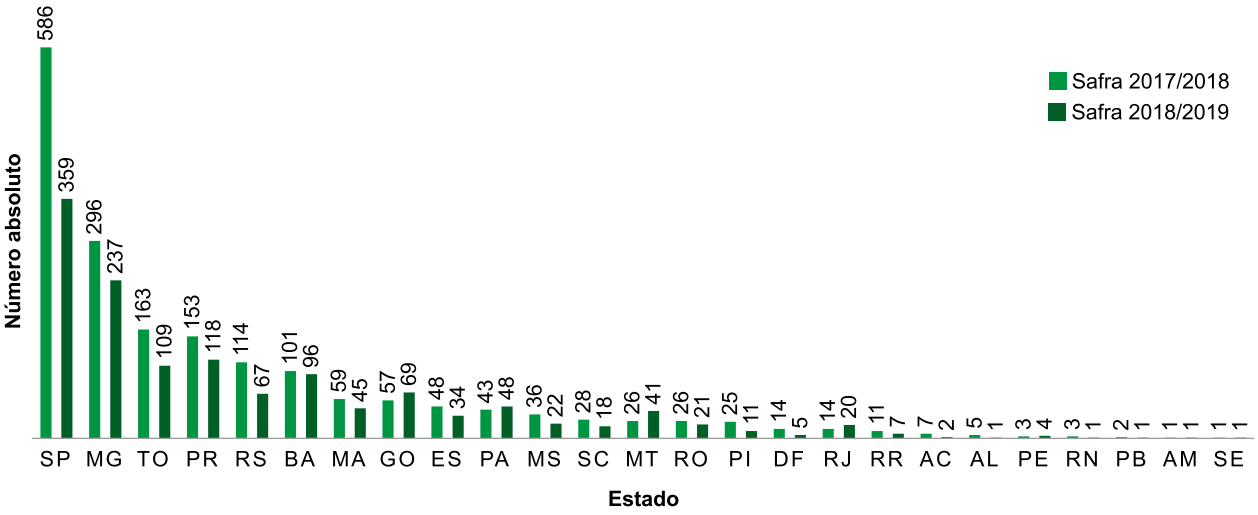


Figura 2. Programa ABC – naturalidade dos contratantes do nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

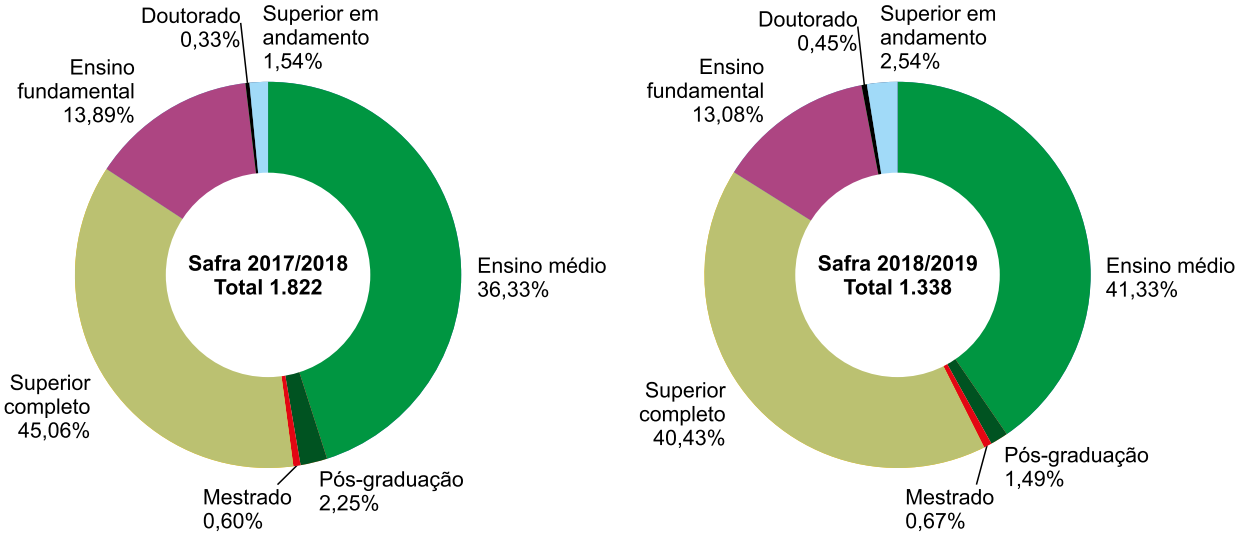


Figura 3. Programa ABC – grau de instrução dos contratantes nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

visto como uma opção de financiamento para produtores de níveis de escolaridade mais elevados, já que ele demanda maior consciência ambiental e exige conhecimentos técnicos específicos para avaliação e validação do projeto (Stabile et al., 2012). Segundo a FGV (2012), a resistência à adoção de práticas sustentáveis não está relacionada à escolaridade, mas à cultura enraizada do campo, baseada numa agropecuária tradicional. Ou seja, mais do que ter acesso à educação, é necessário que o produtor rural tenha ciência dos benefícios de adoção das práticas ABC e de suas vantagens econômicas, competitivas e ambientais, de modo que não haja uma visão reducionista da sustentabilidade no setor agropecuário.

Para analisar o porte dos produtores, foi considerada a renda bruta anual (RBA) para classificá-los em três categorias: pequeno, médio e grande. A Resolução Bacen nº 4.174/2012 (Bacen, 2012) classifica os produtores rurais com base na RBA da seguinte forma: pequeno produtor, até R$ 360.000,00; médio produtor, acima de R$ 360.000,00 até R$ 1.600.000,00;

e grande produtor, acima de R$ 1.600.000,00. Os dados aqui foram ajustados para que a classificação ficasse mais próxima dessa categorização do Bacen (2012).

Dessa forma, foi considerado pequeno produtor aquele com RBA até R$ 415.000,00; médio produtor, acima de R$ 415.000,00 até R$ 2.000.000,00; e grande produtor, acima de R$ 2.000.000,00.

A Figura 4 mostra que o número de produtores rurais de grande porte predomina, mais de 95% em cada safra, enquanto o número de pequenos produtores não chega a 1%.

Para ter acesso ao Programa ABC, o produtor rural deve apresentar um projeto à instituição financeira com dados sobre a propriedade, a atividade nela desenvolvida, a viabilidade e plano de manejo, entre outros (Observatório ABC, 2017). Isto é, exige-se uma assistência técnica, e isso pode representar uma despesa de até 5% do valor do empréstimo (Stabile et al., 2012). Esse custo torna-se um obstáculo para que pequenos e médios produtores atendam aos requisitos dos projetos e, consequentemente, tenham acesso ao crédito (FGV, 2012). Além disso, Stabile et al. (2012) destacam que o custo real das operações ABC acaba por ser superior aos juros anunciados, pois os gerentes dos bancos condicionam o crédito à contratação de outros produtos ou serviços.

A FGV (2012) apresenta outros dois pontos como responsáveis pela inexpressiva contratação do Programa ABC por pequenos e médios produtores: as exigências e condições para acesso ao crédito não são pertinentes à atividade realizada pelos pequenos produtores; e a falta de organização em cooperativas aumenta os custos operacionais com os bancos e reduz o volume de recursos para as despesas técnicas. Stabile et al. (2012) acrescentam que muitos pequenos e médios produtores não estão em conformidade com a legislação ambiental, o que também se torna um empecilho para acesso ao programa. O Observatório ABC (2019) menciona, inclusive, a necessidade da criação de uma linha específica do Programa ABC voltada para a agricultura familiar com condições que atraiam esse público.

Análise das operações

Antes da análise das operações, serão apresentadas a seguir as características de contratação do Programa ABC no banco fornecedor dos dados para este estudo.

O público-alvo da modalidade de financiamento em questão são os produtores rurais, pessoas físicas e jurídicas, e suas cooperativas. O acesso ao crédito depende de análise cadastral, aprovação, entrega de documentos exigidos e apresentação de projeto do proponente. A carência e o prazo máximo para pagamento variam de acordo com a finalidade do crédito, não ultrapassando 12 anos; o pagamento pode ser feito em parcelas semestrais ou anuais, de acordo com o fluxo de receita do beneficiário; há cobrança de Imposto sobre Operação Financeira

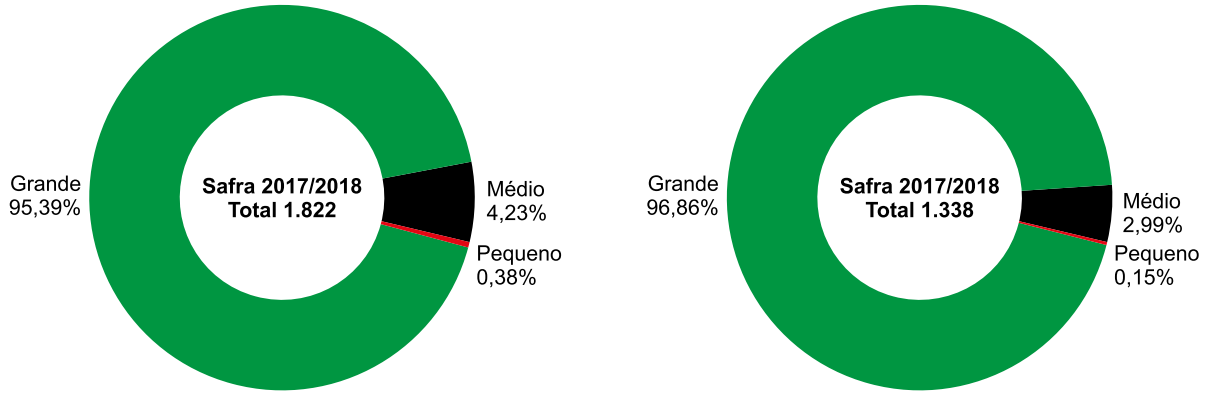


Figura 4. Programa ABC – porte dos contratantes nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

(IOF) com alíquota de 0,38% e tarifa de 0,5% sobre o valor financiado; o limite financiável é de até 100% do valor dos itens e o teto é de R$ 5 milhões, por beneficiário, por ano agrícola; é obrigatória a vinculação, em garantia, das máquinas, equipamentos e implementos financiados, bem como é obrigatório o seguro dos bens oferecidos em garantia. Ressalta-se que a taxa de juros, o prazo máximo de pagamento e a carência são os mesmos para as demais instituições que comercializam o Programa ABC (Observatório ABC, 2019).

O banco trabalha com o financiamento de 12 tipos de projeto dentro do Programa ABC: ABC Recuperação; ABC Orgânico; ABC Plantio Direto; ABC Integração; ABC Florestas; ABC Ambiental; ABC Tratamento de Dejetos; ABC Dendê; ABC Fixação; ABC Cultivos Permanentes; ABC Bioma Amazônia; e FCO Pronatureza.

O ABC Orgânico visa implementar e melhorar sistemas orgânicos; o ABC Dendê busca implementar e manter florestas de dendezeiros; o objetivo do ABC Cultivos Permanentes é a implantação e manutenção de plantações de açaí, cacau, oliveira e nogueira; o ABC Bioma Amazônia foca a implantação e manutenção de plantações de açaí e de cacau no Bioma Amazônia; e o FCO Pronatureza – enquadrado nos objetivos do Programa ABC, como mencionado anteriormente – visa contribuir para o desenvolvimento econômico e social do Centro-Oeste. Suas condições de contratação divergem das que foram explanadas acima, que se aplicam apenas aos demais projetos.

Em relação aos juros aplicados, na safra 2017/2018 a taxa era de 7,5% a.a. para todos os projetos; em 2018/2019, foi de 5,25% a.a. para o ABC Ambiental e 6% a.a. para os demais projetos. Na safra 2019/2020, os juros são de 5,25% a.a. para o ABC ambiental e 7% a.a. para os outros projetos (Observatório ABC, 2019).

Entre os itens que podem ser financiados estão: elaboração de projeto técnico; georreferenciamento; despesas relacionadas ao processo de regularização ambiental; alterações para fins de adequação ambiental; despesas destinadas à implantação e manutenção dos projetos financiados; certificação; corretivos agrícolas; implantação de práticas conservacionistas do solo; adubação verde; aquisição de sementes e mudas; implantação de viveiros de mudas florestais; operações de destoca; implantação e recuperação de cercas; aquisição, construção ou reformas de bebedouros e de saleiro ou cochos de sal; aquisição de bovinos, bubalinos, ovinos e caprinos, para reprodução, e sêmen, óvulos e embriões dessas espécies; aquisição de máquinas e equipamentos de fabricação nacional; melhoramento e manutenção de sistemas de tratamento de dejetos; construção e modernização de instalações; e despesas relacionadas ao uso de mão de obra própria.

A contratação do Programa ABC na instituição financeira não impede que o contrato tenha mais de um item financiável. Na safra 2017/2018, foram fechados 1.962 contratos e financiados 3.876 itens. Já na safra 2018/2019, os números são 1.444 e 2.811, respectivamente.

Segundo o Observatório ABC (2019), o valor total financiado para o Programa ABC, considerando todas as instituições financeiras, foi de R$ 1,55 bilhão para a safra 2017/2018 e R$ 1,63 bilhão para 2018/2019. A instituição financeira em estudo desembolsou R$ 1,16 bilhão em 2017/2018 e R$ 1,31 bilhão em 2018/2019, o que mostra sua significativa participação na disponibilização do programa.

Como visto anteriormente, o número de produtores que contrataram o Programa ABC na safra 2018/2019 foi menor do que na safra 2017/2018, embora o volume financiado em 2018/2019 tenha sido maior. Isso pode ser explicado pelo fato de os juros do programa terem sido de 7,5% a.a. na safra 2017/2018, enquanto em 2018/2019 as taxas foram de 5,25% para o ABC Ambiental e 6% para os demais projetos.

Conforme o Observatório ABC (2019), a safra 2017/2018 registrou o menor volume de financiamento da modalidade ABC (R$ 1,55 bilhão) desde a safra 2011/2012, muito provavel-

mente por causa da baixa atratividade da taxa de juros de 7,5% a.a., o que pode ter levado os produtores a recorrerem a financiamentos menos burocráticos e de taxas mais atrativas.

A Figura 5 mostra um levantamento do volume financiado pelo Programa ABC para as atividades agrícola e pecuária.

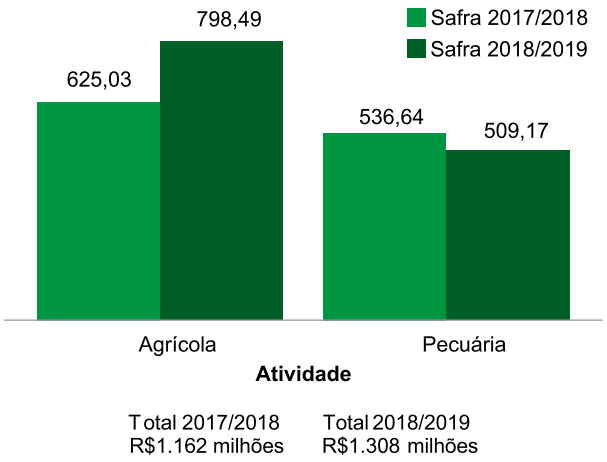


Figura 5. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) para as atividades agrícola e pecuária nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

Gianetti (2017) afirma que a agricultura demanda maior volume de investimentos em maquinários, insumos e modernização do que a pecuária. Além disso, o autor discute que a produção agrícola também é mais vulnerável às mudanças climáticas e às condições do solo. Esses fatores podem justificar o maior volume financiado para a agricultura.

O Observatório ABC (2019) divulgou que na safra 2017/2018 o Programa ABC destinou R$ 608 milhões para o projeto Plantio Direto, o que equivale a 39% dos recursos contratados pelo programa no período. Em 2018/2019, houve aumento de 23% dos recursos para o Plantio Direto, ou seja, R$ 747,5 milhões financiados, o que representa 46% do total contratado para o Programa ABC. O projeto Recuperação, por sua vez, foi o de maior volume de financiamento em 2017/2018, com desembolso de R$ 746 milhões (48% do total). Mas em 2018/2019, foram destinados R$ 625,5 milhões para recuperação de pastagens, o equivalente a 38% dos recursos contratados na safra, ou seja, queda de 16% do volume investido para o projeto em relação à safra anterior.

A Figura 6 mostra que também para a instituição financeira o volume financiado se concentrou nos projetos Plantio Direto e Recuperação, somando 74,97% do valor total contratado para o Programa ABC em 2017/2018 e 82,21% em 2018/2019.

Embora no Banco em estudo os juros atuais do FCO voltado para a agricultura de baixo carbono sejam de 8,53% a.a. – maiores do que a do Programa ABC –, observa-se um volume expressivo da contratação do FCO Pronatureza: R$ 150,97 milhões em 2017/2018 e R$ 193,83 milhões em 2018/2019. A menor complexidade na contratação desse projeto pode ser um dos motivos que levam os produtores a optarem por ele em vez do Programa ABC. Mas há outro atrativo: pagamentos da parcela da dívida efetuados até o vencimento, de forma parcial ou integral, recebem desconto de 15% sobre o valor dos juros pagos, como bônus de adimplência.

Outro aspecto que vale ressaltar na Figura 6 é o baixo volume destinado ao projeto Bioma Amazônia: R$ 2,50 milhões em 2017/2018 e R$ 1,07 milhão em 2018/2019. Esses números podem ser resultado da dificuldade de acesso à assistência técnica na Amazônia Legal. Segundo o Observatório ABC (2019), a assistência técnica e a extensão rural na região são privadas e, por isso, grandes e médios produtores acabam por ter maior facilidade de acesso.

De acordo com Gianetti (2017), a baixa adesão no caso dos projetos Orgânico e Dendê pode decorrer do fato de essas culturas serem específicas, com baixa representatividade no território nacional. Além disso, esses projetos, bem como o Bioma Amazônia, não estão contemplados no Plano ABC, o que deixa obscuro os desafios de sua implementação. No caso do projeto Ambiental, a baixa contratação pode ser justificada pelo fato de seus objetivos não

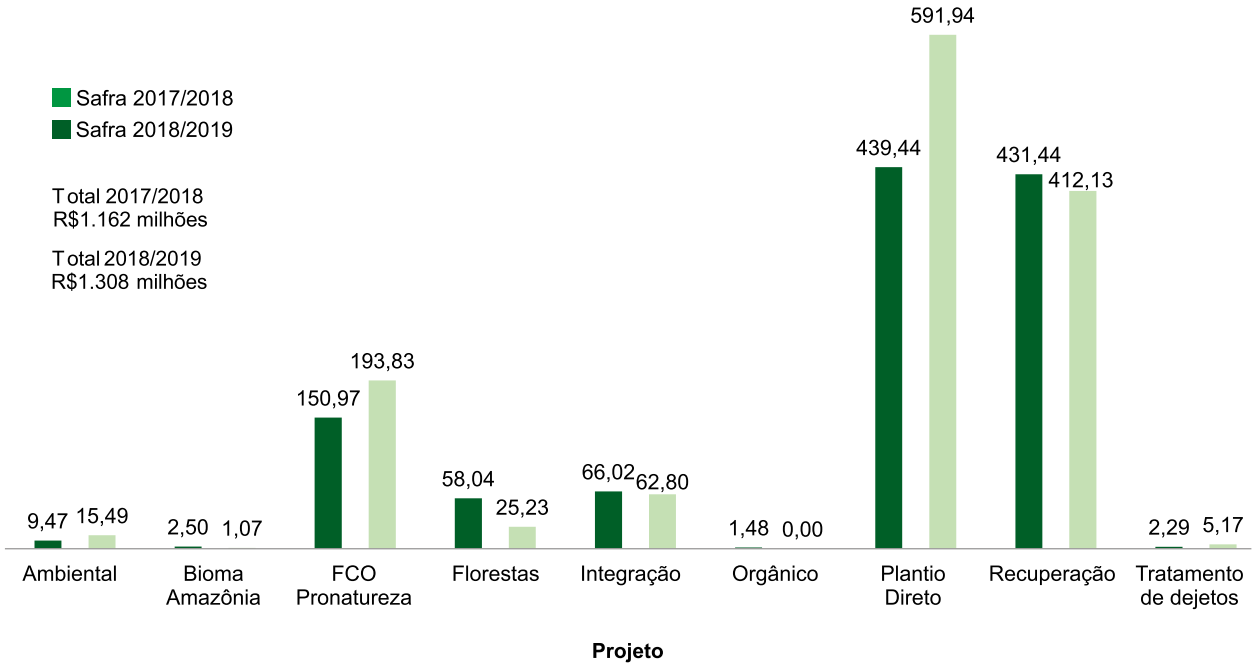


Figura 6. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por projeto nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

trazerem retorno financeiro aos produtores – pelo contrário, a regularização ambiental é vista como uma fonte de despesas.

Já a baixa contratação para Tratamento de Dejetos foi de encontro ao que era esperado, pois esse projeto traz não só o benefício da redução dos impactos ambientais, mas também retorno financeiro para o produtor com a geração de energia e a oferta de biofertilizantes e biogás (Brasil, 2016a, 2017). Esse resultado pode estar relacionado à falta de clareza e conhecimentos técnicos necessários para a implantação do projeto, bem como à dificuldade para obtenção de material de compostagem e local para armazenamento do combustível gerado (Gianetti, 2017).

Em relação aos projetos de Fixação e Cultivos Permanentes, Gianetti (2017) argumenta que a baixa adesão pode ser resultado de uma competitividade entre as linhas do Programa ABC. Por exemplo, o produtor rural pode financiar a fixação biológica de nitrogênio sem ter que contratar o projeto específico para isso, pois outras linhas do Programa ABC podem subsidiar essa atividade, como o projeto Plantio Direto. Isto é, a atividade de fixação pode estar sendo demandada também por outras linhas de crédito, e isso leva a distorções nos números. Outro problema para a implementação desse tipo de projeto é a falta de conhecimento dos produtores sobre essa técnica.

A Figura 7 mostra uma análise regional, por projeto, do volume desembolsado para o Programa ABC.

O Sudeste foi a região que captou o maior volume de recursos do Programa ABC nas duas safras: R$ 563,81 milhões em 2017/2018 e R$ 663,17 milhões em 2018/2019, 48,53% e 50,71% do valor total contratado para o financiamento ABC. O Observatório ABC (2019) atribui o destaque do Sudeste à assistência técnica mais presente e preparada para lidar com esse tipo de financiamento na região.

A segunda posição foi para o Norte em 2017/2018, com R$ 189,79 milhões, ou 16,34% do volume total financiado. Já em 2018/2019, o lugar foi ocupado pelo Nordeste, com R$ 197,75 milhões ou 15,12% do total contratado. O acompanhamento do histórico feito pelo

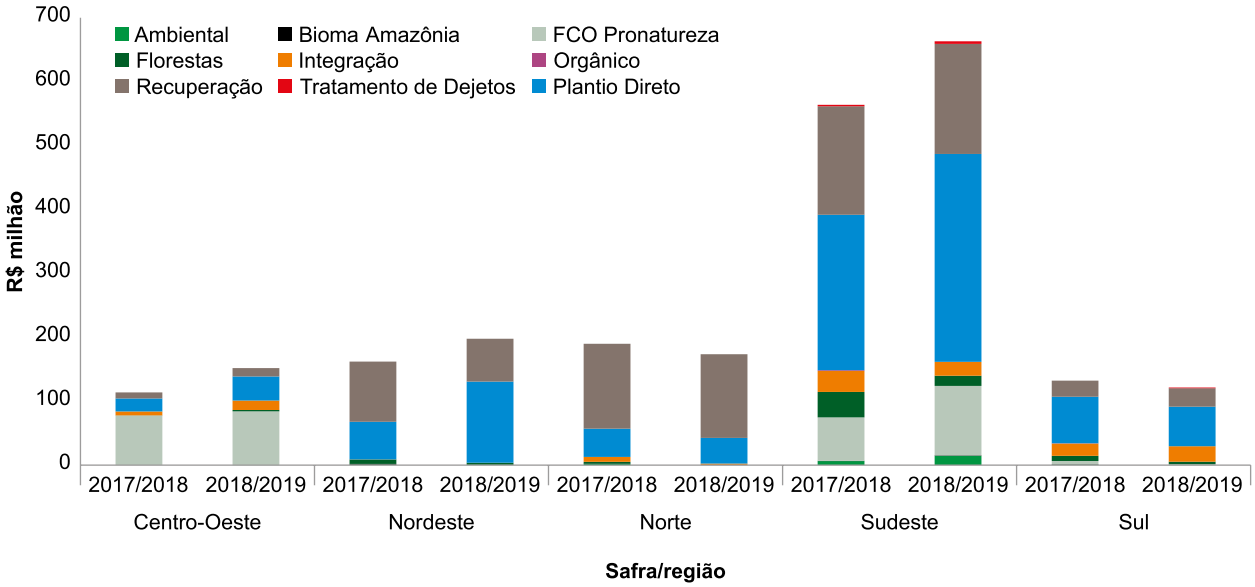


Figura 7. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por projeto e região nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

Observatório ABC (2019) mostra que houve aumento expressivo da participação do Norte ao longo dos anos: 8,4% do total em 2011/2012 e 21,5% em 2018/2019. O avanço é resultado de melhoria na comunicação sobre as características do programa e aprimoramento da capacitação técnica dos produtores rurais da região (Observatório ABC, 2019).

Para o Centro-Oeste, o Observatório ABC (2019) afirma que a baixa participação decorre do fato de os produtores da região já terem comprometido a capacidade de endividamento por meio do Programa ABC.

O Sul foi a região de menor participação no total financiado.

Para entender a diferença entre o volume de recursos do Programa ABC captado por região, Gianetti (2017) usou a variável territorial "Aptidão Agrícola", que considera, entre outros fatores, a fertilidade do solo, o clima e o relevo da área em estudo. Em suma, a produtividade da região é diretamente proporcional ao nível de Aptidão Agrícola de suas terras. Regiões onde essa variável é mais elevada possuem produtividade mais eficiente e maior acesso a conhecimento técnico. O Sudeste caracteriza-se pela presença de territórios com Aptidão Agrícola mais alta, e isso teria contribuído para sua maior participação na contratação do Programa ABC.

Regiões com baixa Aptidão Agrícola, como o Norte e o Nordeste, possuem maior necessidade de investimento para mitigação da emissão de GEE. Contudo, nesses locais a recuperação do solo é mais difícil e onerosa, e os riscos edafoclimáticos inviabilizam a contratação do Programa ABC (Gianetti, 2017). Isso ocorre porque o produtor não se sente seguro para fazer investimentos em práticas que podem não trazer retorno financeiro (Stabile et al., 2012), dados os riscos oferecidos por regiões de baixa Aptidão Agrícola.

Em relação ao Nordeste, o Observatório ABC (2019) relaciona a baixa demanda pelo financiamento com a deficitária estrutura logística, a inexistência de calcário e a baixa precipitação. Esses fatores, combinados, resultam em riscos para as atividades agrícolas. Daí a importância de financiamentos atrativos para essa região. O que se o observa é que as regiões mais degradadas e com maior necessidade de implantação

de inovações na produção são as que têm mais dificuldade para acessar o Programa ABC.

A Figura 7 mostra também que, nas duas safras, os projetos Plantio Direto e Recuperação estão presentes em todas as regiões, com especial concentração no Sudeste. No Centro-Oeste, predomina a contratação do FCO Pronatureza, o que pode ser decorrente do processo menos burocrático para sua contratação.

A Figura 8 mostra o volume desembolsado para o Programa ABC por estado. São Paulo e Minas Gerais lideram a tomada de recursos em ambos os períodos. Nota-se também concentração do financiamento ABC no Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e no Centro-Oeste. Esse resultado assemelha-se ao encontrado pelo Observatório ABC (2019), nas duas safras, em que Minas Gerais, São Paulo, o Tocantins e a Bahia estão no topo da lista.

Quanto ao volume desembolsado pelo Programa ABC de acordo com o produto, a Figura 9 mostra que, nas duas safras, soja e pecuária de corte foram os que mais demandaram crédito. Na safra 2017/2018, esta última captou 41,44% (R$ 481,42 milhões) do volume total e a soja, 27,73% (R$ 322,17 milhões). Em 2018/2019, a soja ocupou a liderança, com 36,31% (R$ 474,80 milhões) e a pecuária de corte, a segunda posição, 34,74% (R$ 454,25 milhões). A cana-de-açúcar também se destacou: 17% nos dois períodos, com R$ 201,90 milhões em 2017/2018 e R$ 227,91 milhões em 2018/2019.

Para a pecuária de corte, a Figura 10 mostra que o projeto com maior volume de contratação foi o Recuperação, com captação de R$ 370,13 milhões e de R$ 358,54 milhões nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Esses números podem estar relacionados com o aumento da produção de carne no Brasil, conforme apontado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2016b). O Brasil é o segundo maior produtor de carne bovina, mas a variedade tecnológica de produção acarreta diferentes níveis de produtividade (Brasil, 2016b, 2017). As pastagens não são

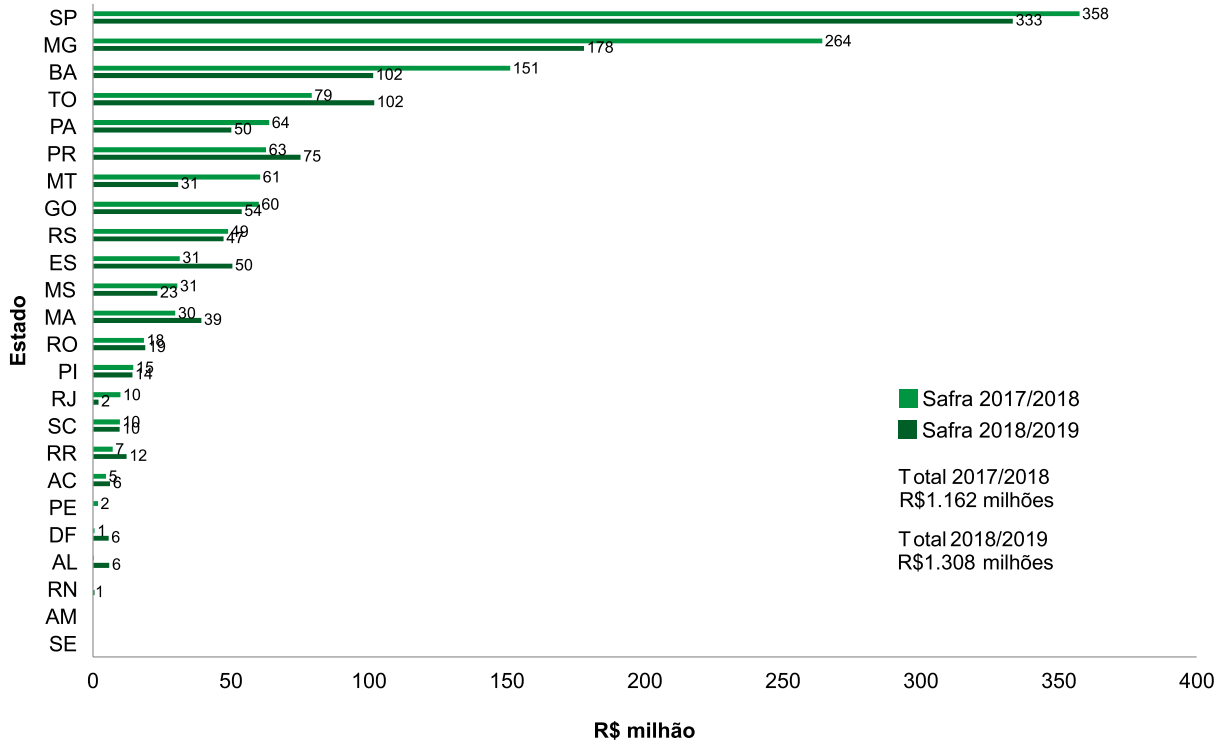


Figura 8. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por estado nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

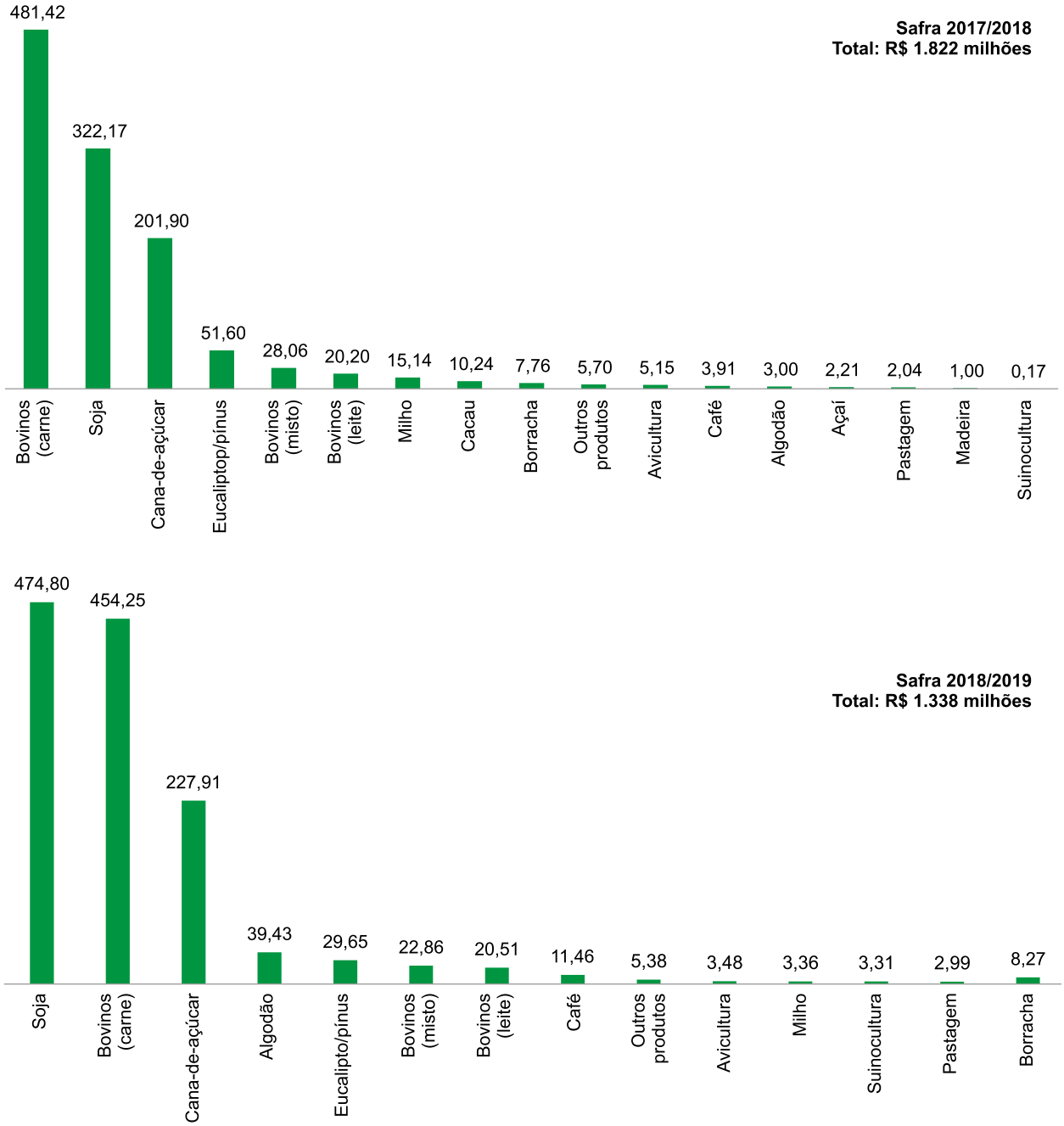


Figura 9. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por produto nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

devidamente implantadas e são caracterizadas por uma exploração extrativista, o que resulta em pastos de baixas produtividade e capacidade de recuperação natural, fatores essenciais à demanda da produção de gado de corte. Assim, a recuperação de pastagens se faz necessária, pois além de contribuir para a redução de GEE, ela eleva a produção de biomassa no local, de modo a tornar a área mais produtiva e evitar o desmatamento de áreas nativas (Brasil, 2016b). Já para a soja e cana-de-açúcar, o projeto que se destacou foi o Plantio Direto.

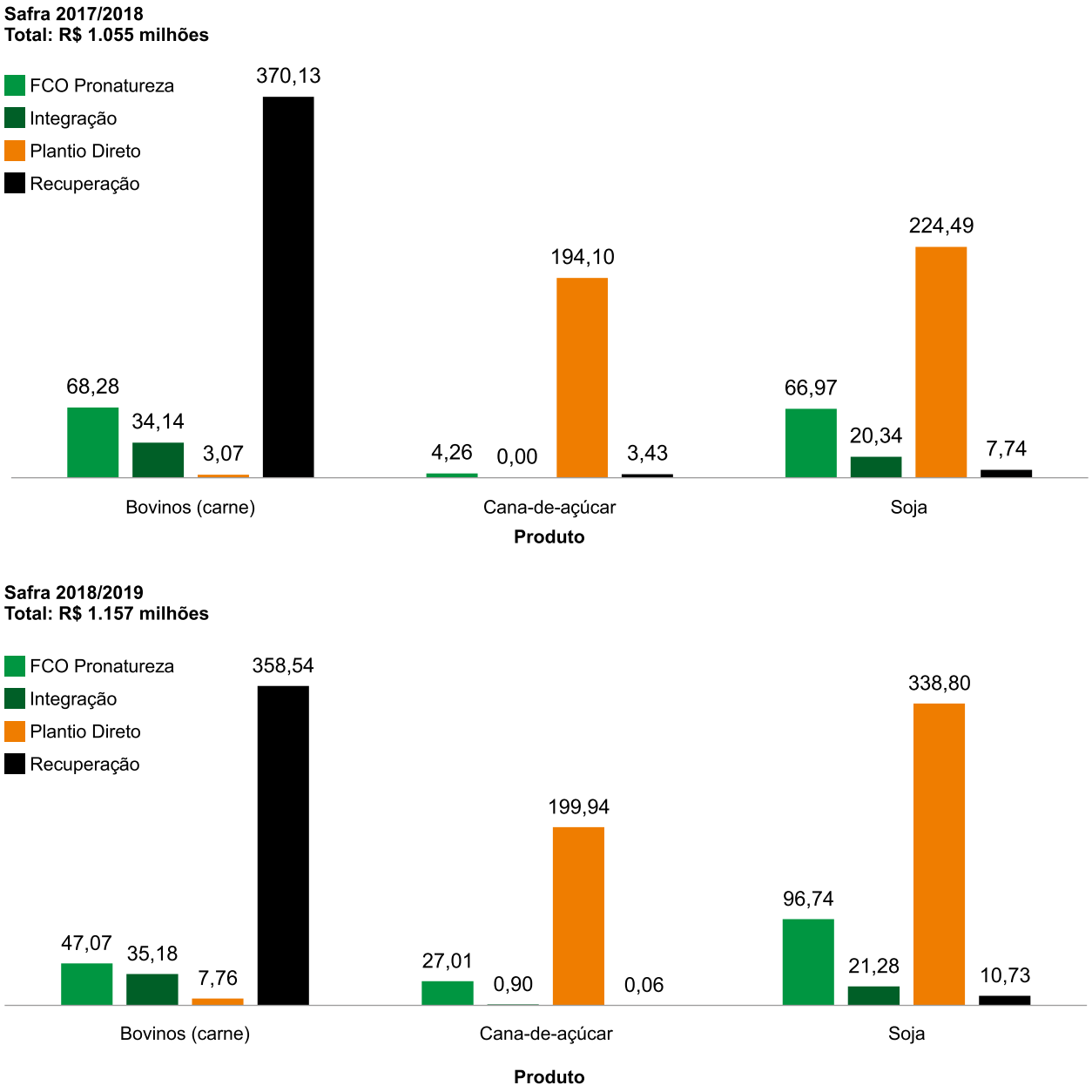


Figura 10. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por projeto nas safras 2017/2018 e 2018/2019 para Bovinos (carne), Cana-de-açúcar e Soja.

Como visto anteriormente, o projeto Plantio Direto é o que recebe maior volume de investimento, pois se trata de uma técnica que permite a reversão da degradação do solo ocasionada pelo cultivo tradicional. Mesmo diante de possíveis custos decorrentes da contratação do Programa ABC (juros, despesas com projeto e acompanhamento), a implantação do Plantio Direto atrai o produtor rural diante das inúmeras vantagens e do retorno financeiro: redução da erosão do solo e aumento de sua fertilidade, redução dos custos de produção e do trânsito de máquinas, o que contribui para o menor consumo dos combustíveis fósseis, e aumento da infiltração de água no solo, o que permite a

semeadura na época certa (Fidelis et al., 2003; Brasil, 2016c).

Outro destaque da Figura 10 é a expressiva representatividade da contratação do projeto FCO Pronatureza para o cultivo de soja. Foram financiados R$ 66,97 milhões em 2017/2018 e R$ 96,74 milhões em 2018/2019. A produção de soja concentra-se no Centro-Oeste. Goiás e Mato Grosso são os maiores produtores da região, sendo este último o maior produtor brasileiro (Conab, 2018). Isso pode justificar o volume significativo destinado ao projeto FCO Pronatureza para o plantio de soja e indica que esse financiamento é visto como alternativa ao Programa ABC, tendo em vista que, por ele, o acesso ao crédito é mais fácil.

A Figura 11 mostra a destinação do valor financiado, ou seja, onde o capital foi investido: infraestrutura, maquinário, capital de giro e construções, entre outros.

As duas safras possuem semelhança quanto aos itens de maiores volumes de investimento. A correção intensiva do solo destacou-se nos dois períodos: R$ 297,51 milhões em 2017/2018 e R$ 562,44 milhões em 2018/2019. Como os projetos Plantio Direto e Recuperação são os de maior volume financiado, era esperado que a correção intensiva do solo fosse proporcionalmente maior. O direcionamento de investimentos predominantemente para esses projetos pode estar relacionado também com o fato de os itens financiáveis "pastagem" e "proteção/recuperação do solo" terem ocupado as posições seguintes entre aqueles de maior volume financiado.

Embora as máquinas – colheitadeira, tratores e equipamentos – sejam de suma importância para o aumento da produtividade, observou-se baixo investimento para esse item: R$ 7,36 milhões em 2017/2018 e R$ 11,77 milhões em 2018/2019. Gianetti (2017) encontrou resultado semelhante, mas reforçou ser necessário analisar outras linhas de crédito, muitas vezes específicas para o financiamento de máquinas, para entender o motivo do baixo investimento em equipamentos via Programa ABC.

Conclusão

Os levantamentos trazidos por este estudo mostram que, por causa dos custos envolvidos no processo para obtenção do crédito e da necessidade de conhecimentos específicos para a implantação dos projetos do Programa ABC, este acaba por se tornar mais acessível a produtores de grande porte e com nível de escolaridade mais elevado. Essas barreiras para a contratação do programa, levam os produtores a optarem por financiamentos menos burocráticos e que envolvam metodologias mais conhecidas. Outro ponto observado foi que as regiões mais necessitadas dos investimentos da modalidade ABC, geralmente aquelas cuja produção fica vulnerável às condições edafoclimáticas, têm dificuldade de acesso ao recurso, já que os custos envolvidos são maiores e os retornos financeiros não são claros. Esses fatores mostram que a existência de programas financeiros não é garantia, por si só, de uma agricultura sustentável. São necessárias também a criação de condições específicas de acesso ao crédito para regiões cuja produção envolve altos riscos e a capacitação técnica dos produtores e também dos funcionários das instituições financeiras, para que estas possam fornecer um suporte mais assertivo e um financiamento condizente com a realidade da atividade desenvolvida.

Referências

ASSAD, E.D.; MARTINS, S. Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: a evolução de um novo paradigma. **Agroanalysis**, v.35, p.32-34, 2015.

ASSAD, E.D.; MARTINS, S.C.; PINTO, H.S. **Sustentabilidade no agronegócio brasileiro**. [Rio de Janeiro]: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2012. (Coleção de estudos sobre diretrizes para uma economia verde no Brasil). Disponível em: <http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-553.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2019.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Resolução nº 3.979, de 31 de maio de 2011**. Dispõe sobre programas de investimento agropecuário amparados em recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). 2011. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/ 2011/pdf/res_3979_v1_O.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

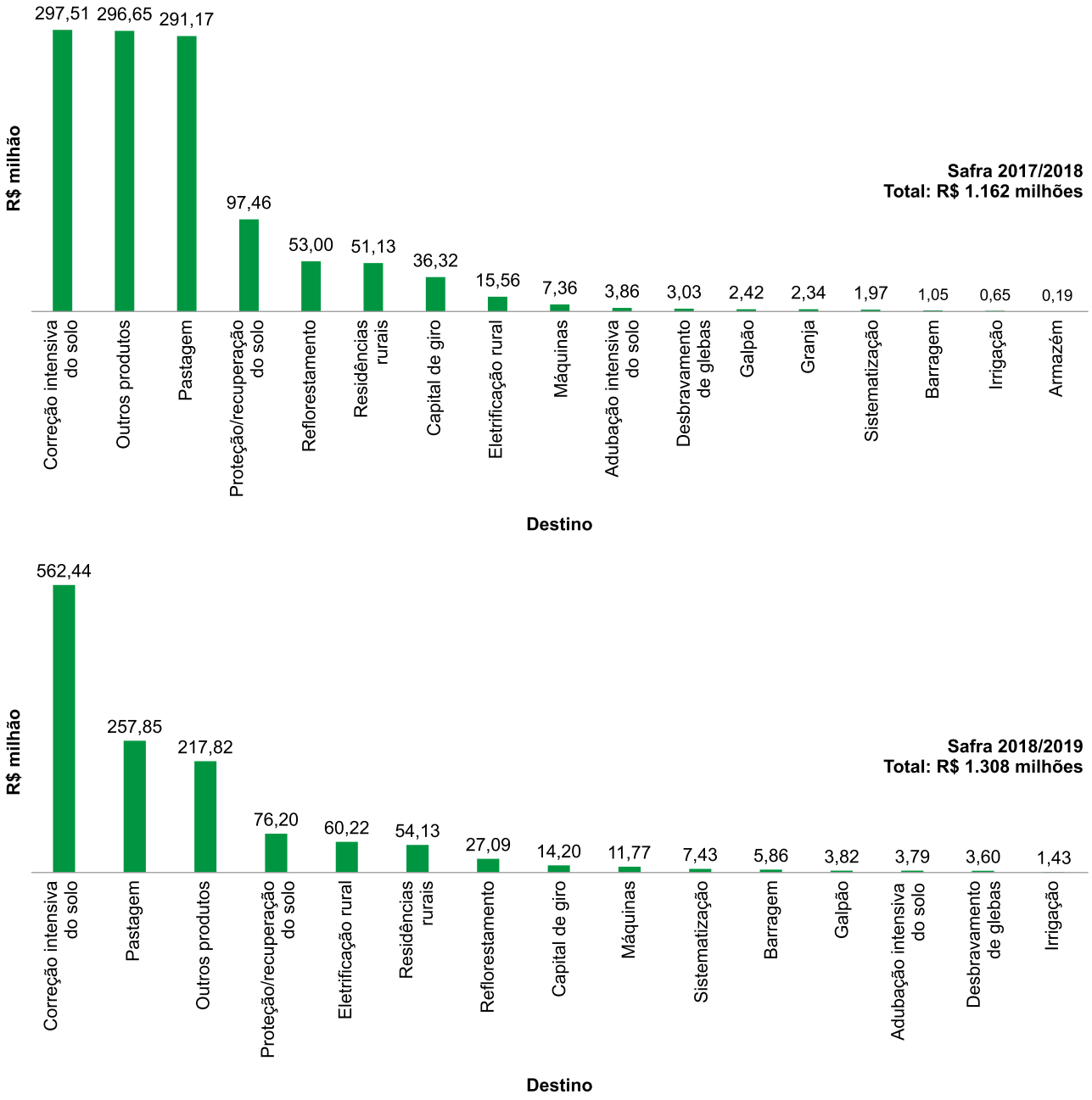


Figura 11. Programa ABC – volume financiado (valor nominal) por destino nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Resolução nº 4.174, de 27 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre a classificação de produtores rurais e sobre critérios para a apuração de saldos e para a fiscalização de financiamentos rurais. 2012. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/ downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/49042/Res_4174_v1_O.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

BANCO DO BRASIL. **Diretrizes de sustentabilidade para o crédito**. 2019. Disponível em: <https://www.bb.com.br/portalbb/page4,8305,19212,0,0,1,6.bb>. Acesso em: 13 ago. 2019.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Programa ABC**. 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/Programa-abc>. Acesso em: 16 nov. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010**. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 11 de nov. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm#art12>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa ABC**: tratamento de resíduos animais. 2016a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/tratamento-de-residuos-animais.pdf>. Acesso em: 1 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa ABC**: recuperação de áreas degradadas. 2016b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/recuperacao-de-areas-degradadas.pdf>. Acesso em: 1 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa ABC**: Sistema Plantio Direto. 2016c. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/sistema-plantio-direto.pdf>. Acesso em: 1 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeto Pecuária ABC**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/projeto-pecuaria-abc/projeto-pecuaria-abc-1>. Acesso em: 1 maio 2020.

CAMARANO, A.A.; ABRAMOVAY, R. **Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil**: panorama dos últimos 50 anos. Rio de Janeiro: Ipea, 1999. (Ipea. Texto para discussão, 621). Disponível em: <repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2651/1/td_0621.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/7666-soja>. Acesso em: 2 maio 2020.

DATASEBRAE. **Perfil do produtor rural**. 2018. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/perfil-do-produtor-rural/#indice>. Acesso em: 25 mar. 2020.

FEBRABAN. Federação Brasileira de Bancos. **Mensurando recursos financeiros alocados na Economia Verde**. 2019. Disponível em: <https://portal.febraban.org.br/pagina/3085/43/pt-br/estudos-sustentabilidade-2019>. Acesso em: 1 set. 2019.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. **Como avançar no financiamento da Economia de Baixo Carbono no Brasil**: análise dos entraves e oportunidades na alocação de recursos financeiros para os setores de agropecuária e energia. 2012. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15381>. Acesso em: 12 fev. 2020.

FIDELIS, R.R.; ROCHA, R.N.C.; LEITE, U.T.; TANCREDI, F.D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v.19, p.23-31, 2003.

FREITAS, S.M. de. **Programa ABC**: a oferta de recursos para investimentos em tecnologias com baixa emissão de carbono, safras 2015/16 a 2018/19. 2018. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14493>. Acesso em: 8 set. 2019.

GIANETTI, G.W. **O Plano e Programa ABC**: uma avaliação da execução e distribuição dos recursos. 2017. 123p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**: resultados definitivos. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 28 fev. 2020.

ÍNDICE de Confiança do Agronegócio (IC Agro): perfil do produtor rural. 2016. Disponível em: <http://icagro.fiesp.com.br/perfilprodutor.asp>. Acesso em: 18 jan. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Desenvolvimento sustentável, Economia Verde e a Rio+20**. 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7742?locale=pt_BR>. Acesso em: 30 ago. 2019.

LOPES, D.; LOWERY, S.; PEROBA, T.L.C. Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da

agropecuária sustentável. **Revista do BNDES**, v.45, p.155-196, 2016.

MÉLO, B. A era da Economia Verde. **Dinheiro Rural**, ed.162, 2018. Disponível em: <https://www.dinheirorural.com.br/a-era-da-economia-verde>. Acesso em: 23 ago. 2019.

OBSERVATÓRIO ABC. **Análise dos recursos do Programa ABC**: safras 2017/18 e 2018/19. 2019. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/2019/11/analise-dos-recursos-do-Programa-abc-safras-201718-e-201819>. Acesso em: 5 fev. 2020.

OBSERVATÓRIO ABC. **Desafios e restrições dos produtores rurais na adoção de tecnologias de baixo carbono ABC**: estudo de caso em Alta Floresta, em Mato Grosso. 2017. Disponível em: <http://observatorioabc.com.br/2017/05/desafios-e-restricoes-dos-produtores-rurais-na-adocao-de-tecnologias-de-baixo-carbono-abc-sumario-executivo>. Acesso em: 5 fev. 2020.

PAIXÃO, M.A.S. da; BACHA, C.J.C. A agropecuária brasileira e a sua inserção na Economia Verde: uma análise do Plano e do Programa ABC. **Pesquisa & Debate**, v.26, p.75-98, 2015.

PUNTEL, J.A.; PAIVA, C.A.N.; RAMOS, M.P. Situação e perspectivas dos jovens rurais no campo. In: CONFERÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO, 2., 2011, Brasília. **Anais**. Brasília: Ipea, 2011. p.1-20.

SAATH, K.C. de O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, p.195-212, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201.

STABILE, M.C.C.; AZEVEDO, A.; NEPSTAD, D. **O Programa "Agricultura de Baixo Carbono" do Brasil**: barreiras para a sua implementação. 2012. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/o-Programa-agricultura-de-baixo-carbono-do-brasil-barreiras-para-a-sua-implementacao>. Acesso em: 14 mar. 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **World population prospects 2019**: Highlights. 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp>. Acesso em: 8 set. 2019.

WWF. World Wide Fund for Nature. **Integração ambiental, social e de governança para bancos**: um guia para a implementação. 2014. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?56610/integracao-ambiental-social-e-de-governanca-para-bancos>. Acesso em: 30 ago. 2019.

Ponto de Vista

Trigo, o difícil mas essencial pão nosso de cada dia

Da dependência externa à autossuficiência

Eliseu Alves[1]
Jorge Lemainski[2]
Elisio Contini[3]
Adalberto Aragão[4]

Na história da humanidade, o trigo impôs-se como alimento básico das populações; do ponto de vista da oferta, é uma cultura típica de regiões temperadas. Até recentemente (2020), a produção mundial atendia adequadamente à demanda, com certa estabilidade de preços. A partir de 2021, em decorrência de muitos fatores, a situação do mercado de trigo fica mais complicada: dificuldades na infraestrutura de transporte, custos de produção em elevação, menor oferta de exportações da Rússia e da Ucrânia, em guerra, e, consequentemente, preços em elevação acima de qualquer expectativa.

No Brasil, a produção de trigo alcançou êxitos apenas na segunda metade do século 20 e século 21, graças ao desenvolvimento de variedades mais adaptadas às condições nacionais de solos e clima e à melhoria de práticas de manejo. Para evitar uma dependência excessiva, estabeleceu-se no início da década de 2000 como meta a produção nacional de pelo menos 50% do trigo consumido internamente, não excluindo a possibilidade de exportação. (Bacaltchuk et al., 2008). Dificuldades climáticas nas regiões produtoras do Sul do País, custos de produção elevados e compromissos de importação de países do Mercosul, principalmente da Argentina, têm sido citados como entraves para o crescimento mais dinâmico da produção nacional.

Produção, importação e exportação do Brasil

O Brasil tem sido, historicamente, importante importador do produto, principalmente para a fabricação de pão. Hoje, além dos preços elevados para um produto de primeira necessidade, as perspectivas de importação não estão claras, e a alternativa proposta de aumentar a produção nacional para cobrir um percentual maior da demanda nacional mostra-se alvissareira, ainda que possa sofrer restrições pela elevação de custos de produção, incluindo os insumos, como fertilizantes, herbicidas e fungicidas.

A Figura 1 mostra, para 2000–2021, o desempenho da produção nacional e suas importações e eventuais exportações. A produção cresceu significativamente, superando em vários anos os seis milhões de toneladas. As importações também oscilaram entre cinco e sete milhões de toneladas, indicando dependência externa superior a 50%, em média. A exceção mais significativa ocorreu em 2021, quando a produção nacional superou em 19% as importa-

[1] Embrapa – Presidência. E-mail: eliseu.alves@embrapa.br
[2] Embrapa Trigo. E-mail: jorge.lemainski@embrapa.br
[3] Embrapa – Sire. E-mail: elisio.contini@embrapa.br
[4] Embrapa – Sire. E-mail: adalberto.araujo@embrapa.br

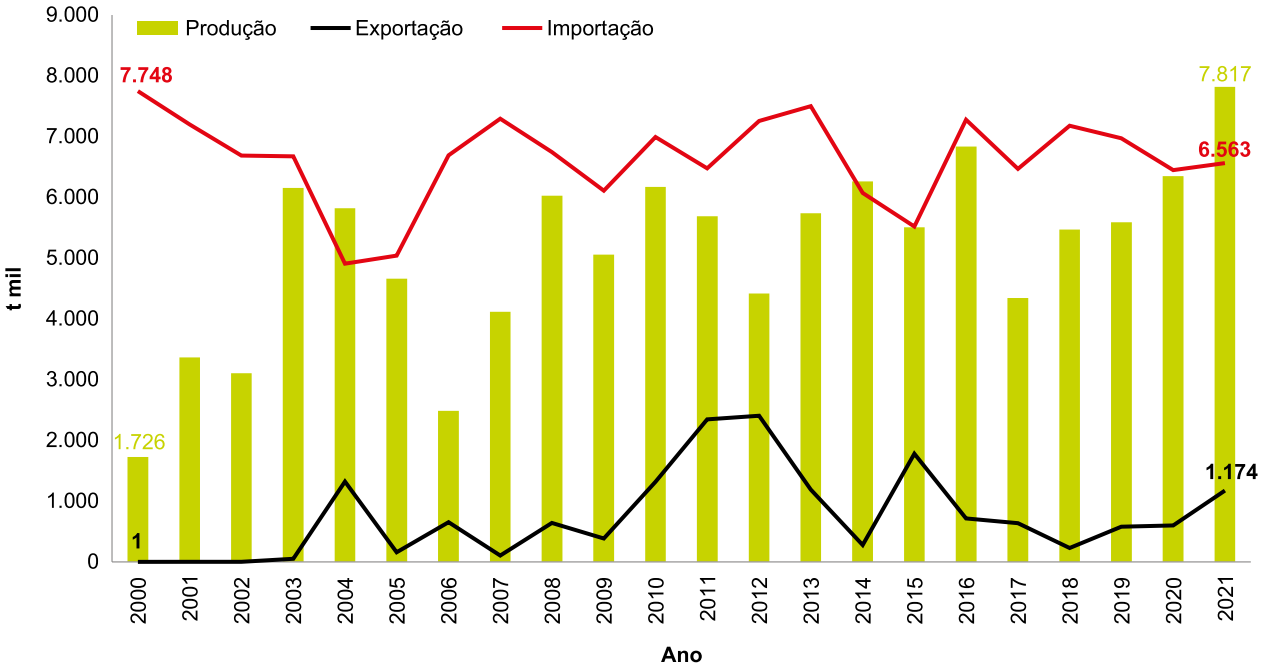


Figura 1. Brasil – produção, exportação e importação de trigo em 2000–2021.

Fonte: Agrostat (2022) e IBGE (2022).

ções, representando 59,2% do consumo nacional (descontadas as exportações).

Em relação ao consumo per capita mundial, dados da FAO (2022) indicam estabilidade de 2010 a 2020: de 90 kg e 100 kg per capita. Pode-se concluir que o aumento do consumo per capita de 2,6% não tem acompanhado o crescimento populacional mundial de 12,8%. Três regiões do globo exibem crescimento: Oceania, com 11,8% (249,92 kg/hab. em 2020), Europa, 9,6% (251,34 kg/hab. em 2020) e Ásia, 7,0% (84,00 kg/hab. em 2020). Nas demais regiões, houve queda: 6,0% nas Américas (76,40 kg/hab. em 2020) e 3,3% na África (59,91 kg/hab. em 2020). Já o consumo per capita de trigo no Brasil situa-se em patamar bem inferior à média mundial em todo o período, inclusive recuou dos 63,7 kg/hab. em 2010 para 55,5 kg/hab. em 2020, queda de 12,9%. (FAO, 2022).

Mercado mundial do trigo

Em relação ao mercado global do trigo, para evitar distorções por causa da volatilidade em anos específicos, selecionaram-se os principais produtores dos últimos cinco anos (2016 a 2020) – dados disponíveis nas estatísticas da FAO: a China, com 17,6% da produção mundial, a Índia (13,3%), a Rússia (10,4%) e os Estados Unidos (7,0%). A Ucrânia ocupa a sétima posição, com 3,4%. (FAO, 2022).

Nas exportações, China e Índia não figuram entre os dez principais exportadores, pois sua produção atende majoritariamente aos seus mercados internos. O maior exportador é a Rússia, com 16,6% das exportações totais, seguida por EUA (12,2%) e Canadá (10,8%). Destaca-se também a Ucrânia, com 8,3%, mas, em decorrência da recente guerra no país, é provável o comprometimento das atuais exportações e da produção das próximas safras. Quanto às importações, os principais países são o Egito, com 5,4%, a Indonésia (5,0%) e a Turquia (4,0%). O Brasil tem sido o sexto maior importador, com 3,3% do total; mas conforme a Figura 1, particularmente em 2021, sua dependência tem caído. (FAO, 2022). Pelos valores observados, as exportações estão mais concentradas em pou-

cos países, enquanto as importações estão mais distribuídas.

Os preços internacionais (nominais do trigo duro) têm variado significativamente entre 2000 e 2021. Em 2000, o preço foi de US$ 114,09/t, atingindo pico na crise de 2008 de US$ 326,03/t. Com a pandemia de Covid-19 e a recente guerra na Ucrânia, houve aceleração dos preços, passando de US$ 166,63/t em 2016 para US$ 315,24/t em 2021 (+89,2%). Nos três primeiros meses de 2022, os preços continuaram em aceleração: janeiro, US$ 374,24/t; fevereiro, US$ 390,50/t; março, US$ 486,30/t; e abril, US$ 495,28/t (Banco Mundial, 2022). Essa escalada de preços indica dificuldades de abastecimento mundial, criando sérios problemas para os países importadores, como o Brasil.

Potencial de produção no Brasil

Em termos de regiões produtivas, há várias classificações na literatura, basicamente em função dos diferentes climas do País. A mais utilizada, segundo a Embrapa, divide o Brasil foi em três grandes regiões: 1) região Sul, com o Rio Grande do Sul e Santa Catarina; 2) região Centro-Sul, com o Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo; e 3) região Centro, com Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso e a Bahia. Quanto às características dos solos, em todas as regiões predominam solos ácidos; na região Sul, há excesso de chuvas; na segunda região predomina a baixa precipitação; e no Centro, há duas alternativas: sistema de sequeiro com estresses térmicos e hídricos, e sistema de irrigação em época de baixa precipitação e condições térmicas favoráveis (Bacaltchuk et al., 2008).

Mas a cultura do trigo não enfrenta só desafios climáticos. Há problemas de logística, pois a produção ainda se concentra na região Sul, enquanto o consumo é distribuído em todo o território nacional, e os principais moinhos processadores estão localizados próximos ao mar, o que tem facilitado a importação. Além disso, existem os impactos de políticas governamentais, como o acordo com o Mercosul, com as facilidades de importação dos países do bloco (Bacaltchuk et al., 2008).

Recente trabalho da Embrapa Trigo (Chagas et al., 2021) detalha operações agrícolas necessárias para o cultivo de trigo nos cerrados do Brasil Central (região 3). Baseados em trabalho de Albrecht (2007), os autores estimam uma área potencial para a cultura do trigo de quatro milhões de hectares, sendo 1,5 milhão irrigados e 2,5 milhões de sequeiro, no fim do período de chuvas e em sucessão de soja ou milho. Numa simulação simples, somente com a irrigação de 1,5 milhão de hectares, com produtividade de 7,2 t/ha[5], a produção na região alcançaria a 10,8 milhões de toneladas, suficientes para completar o abastecimento do mercado interno, somadas à produção do Sul do País. Segundo dados da Conab (2022), em São Paulo, Mato Groso do Sul, Minas Gerais, Goiás, na Bahia e no Distrito Federal, em 2019, foram cultivados 230,4 mil hectares, com produção de 665,4 mil toneladas, enquanto para 2022 a previsão é de que sejam plantados 288,8 mil hectares nessas unidades, com produção estimada de 861,6 mil toneladas de trigo em ambiente tropical.

O estudo de Chagas et al. (2021) destaca outras vantagens do plantio de trigo nesse período no Brasil Central: o consumo crescente na região, o aproveitamento do clima estável, a topografia plana e a extensão de áreas potenciais de cultivo. Além disso, aproveita-se a infraestrutura instalada para grãos, compartilha-se pessoal, mantém-se a cobertura do solo com maior retenção de água e fertilidade, e os produtores rurais obtêm renda extra na entressafra.

Segundo avaliações recentes de órgãos públicos, como a Conab, de entidades de assistência técnica estaduais e de entidades do setor privado, como a CNA e câmaras setoriais, o cenário da safra 2022 remete a uma estimativa

[5] Produtividade necessária a ser obtida na região dos cerrados para que a cultura do trigo irrigado seja competitiva em relação a outras culturas, como as hortaliças.

de área cultivada 3 milhões a 3,1 milhões de hectares e a uma expectativa de produção de 8,5 milhões a 9 milhões de toneladas de trigo, para um consumo nacional de 12,8 milhões de toneladas. Conforme dados da Conab (2022), em 2019 a área de trigo no Brasil foi de 2,04 milhões de hectares, com produção de 5,15 milhões de toneladas; em 2021, a área cultivada foi de 2,74 milhões de hectares, e a produção, de 7,68 milhões de toneladas. Mantida a tendência de crescimento de área com ganhos de produtividade, em menos de dez anos o Brasil produzirá todo o trigo de que necessita.

O que fazer

Embora seja favorável a ampliação do comércio internacional, e as importações sejam benéficas para o suprimento das necessidades da sociedade brasileira, há momentos na história em que os riscos são elevados e recomendam uma atuação mais forte na produção nacional. O caso do trigo, cujas importações têm sido elevadas, é um bom exemplo. Recomenda-se maior produção nacional diante da conjuntura internacional decorrente da pandemia de Covid-19 e da recente guerra entre Rússia e Ucrânia.

Há um forte movimento para que a produção nacional de trigo cresça nos próximos anos e, consequentemente, para que haja queda significativa da dependência de importações. Dados preliminares indicam que agricultores estão plantando maior área em trigo, tanto nas regiões tradicionais quanto no Centro-Oeste. A produção esperada, naturalmente, dependerá de outros fatores, como o comportamento do clima desde o plantio até a colheita. Como as crises servem para implementar inovações, nada impede que nos próximos cinco ou dez anos o Brasil passe de importante importador a exportador de trigo, já que existe mercado para o produto, tecnologias disponíveis nos âmbitos público e privado, agricultores competentes e uma política agrícola consolidada para o setor, com destaque para o crédito rural. Na parte de tecnologias, destaca-se a Embrapa Trigo, que há 48 anos trabalha para o desenvolvimento de novas variedades e novos sistemas de produção, estabelece zoneamentos regionais e propõe diretrizes de políticas públicas.

Mas há preocupação quanto à continuidade do aumento da produção nos próximos anos. Os custos de produção estão elevados, o dólar está muito valorizado diante da moeda nacional, e uma queda acentuada dos preços internacionais no futuro pode comprometer a rentabilidade dos produtores. É preciso acompanhar de perto o comportamento do mercado no futuro e conseguir superar potenciais gargalos.

Os preços elevados e dificuldades adicionais de suprimento internacional decorrentes da guerra entre Rússia e Ucrânia aumentam, no curto prazo, os riscos de abastecimento regular do produto e, consequentemente, o preço do pão. As projeções de alta significativa da produção nacional para a safra de 2022 são promissoras para o mercado e para o abastecimento regular nos próximos meses. O governo, por meio do Ministério da Agricultura, órgãos de classe, a iniciativa privada e produtores rurais estão acompanhando a evolução da produção e do abastecimento no Brasil e no mundo.

Para o futuro, os consumidores brasileiros têm a garantia de abastecimento regular de trigo, considerando a disponibilidade de recursos naturais do País, sua política agrícola atuante, a capacidade da pesquisa agropecuária e a competência dos nossos produtores. Além da produção em áreas tradicionais do Sul do País, a tropicalização do trigo está em curso, com variedades melhoradas e sistemas de produção adaptados ao Brasil Central, tanto em sistemas irrigados quanto de sequeiro. Experiências recentes demonstram o potencial da produção de trigo no Brasil para essa região.

Concluindo, mantida a tendência recente de crescimento da área de cultivo, combinada com os ganhos crescentes de produtividade, em menos de dez anos o Brasil vai produzir todo o trigo de que necessita.

Referências

AGROSTAT: Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso: 9 maio 2022.

BACALTCHUK, B.; CUNHA, G.R. da; PIRES, J.L.F.; JACOBSEN, L.A.; SILVA, M.S. e; ALBRECHT, J.C. Trigo no Brasil: os deságios de um país tropical. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.163-184.

BANCO MUNDIAL. 2022. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>. Acesso: 19 maio 2022.

CHAGAS, J.H.; FRONZA, V.; SOARES SOBRINHO, J.; SUSSEL, A.A.B.; ALBRECHT, J.C. **Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2021. 103p. (Embrapa Trigo. Documentos, 195).

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 13 jun. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 9 maio 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>. Acesso em: 9 maio 2022.

Instrução aos autores

1. Tipos de colaboração

São aceitos por esta revista trabalhos que se enquadrem nas áreas temáticas de política agrícola, agrárias, gestão e tecnologias para o agronegócio, agronegócio, logísticas e transporte, estudos de casos resultantes da aplicação de métodos quantitativos e qualitativos a sistemas de produção, uso de recursos naturais e desenvolvimento rural sustentável, não publicados nem encaminhados a outra revista para o mesmo fim, dentro das seguintes categorias: a) artigo de opinião; b) artigo científico; e c) texto para debates.

Artigo de opinião

É o texto livre, mas bem fundamento, sobre algum tema atual e de relevância para os públicos do agronegócio. Deve apresentar o estado atual do conhecimento sobre determinado tema, introduzir fatos novos, defender ideias, apresentar argumentos e dados, fazer proposições e concluir de forma coerente com as ideias apresentadas.

Artigo científico

O conteúdo de cada trabalho deve primar pela originalidade, isto é, ser elaborado a partir de resultados inéditos de pesquisa que ofereçam contribuições teóricas, metodológicas e fundamentais para o progresso do agronegócio brasileiro.

Texto para debates

É um texto livre, na forma de apresentação, destinado à exposição de ideias e opiniões, não necessariamente conclusivas, sobre temas importantes, atuais e controversos. A sua principal característica é possibilitar o estabelecimento do contraditório. O texto para debate será publicado no espaço denominado Ponto de Vista.

2. Encaminhamento

Aceitam-se trabalhos escritos em Português. Os originais devem ser encaminhados ao Editor-Chefe (**wesley.jose@embrapa.br**).

A carta de encaminhamento deve conter: título do artigo, nome do(s) autor(es) e declaração explícita de que o artigo não foi enviado a nenhum outro periódico.

3. Procedimentos editoriais

a) Após análise crítica do Conselho Editorial, o editor comunica aos autores a situação do artigo: aprovação, aprovação condicional ou não aprovação. Os critérios adotados são os seguintes:

- Adequação à linha editorial da Revista.
- Valor da contribuição do ponto de vista teórico e metodológico.
- Argumentação lógica, consistente e que, ainda assim, permita contra-argumentação pelo leitor (discurso aberto).
- Correta interpretação de informações conceituais e de resultados (ausência de ilações falaciosas).
- Relevância, pertinência e atualidade das referências.

b) São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e os conceitos emitidos nos trabalhos. Contudo, o Editor-Chefe, com a assistência dos conselheiros, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações.

c) Eventuais modificações de estrutura ou de conteúdo, sugeridas aos autores, devem ser processadas e devolvidas ao Editor-Chefe no prazo de 15 dias.

d) Ao Editor-Chefe e ao Conselho Editorial é facultada a encomenda de textos e artigos para publicação.

4. Forma de apresentação

a) Tamanho – Os trabalhos devem ser apresentados no programa Word, no tamanho máximo de 20 páginas, espaço 1,5 entre linhas e margens de 2 cm nas laterais, no topo e na base, em formato A4, com páginas numeradas. A fonte é Times New Roman, corpo 12 para o texto e corpo 10 para notas de rodapé. Usa-se apenas a cor preta para todo o texto. Devem-se evitar agradecimentos e excesso de notas de rodapé.

b) Títulos, Autores, Resumo, Abstract e Palavras-chave (keywords*)* – Os títulos devem ser grafados em caixa baixa, exceto a primeira palavra, com, no máximo, sete palavras. Devem ser claros e concisos e expressar o conteúdo do trabalho. Grafar os nomes dos autores por extenso, com letras iniciais maiúsculas. O Resumo e o Abstract não devem ultrapassar 200 palavras. Devem conter síntese dos objetivos, desenvolvimento e principal conclusão do trabalho. As palavras-chave e keywords – de três a cinco palavras não contidas no título – devem ser separadas por vírgula.

c) O rodapé da primeira página deve trazer a formação acadêmica, a qualificação profissional principal e o endereço eletrônico dos autores.

d) Introdução – Deve ocupar no máximo duas páginas e apresentar o objetivo do trabalho, a importância e a contextualização, o alcance e eventuais limitações do estudo.

e) Desenvolvimento – Constitui o núcleo do trabalho, onde se encontram os procedimentos metodológicos, os resultados da pesquisa e sua discussão crítica. Contudo, a palavra Desenvolvimento não é usada para título dessa seção, ficando a critério do autor empregar o título mais apropriado à natureza do trabalho.

Em todo o artigo, a redação deve priorizar parágrafos com orações em ordem direta, prezando pela clareza e concisão de ideias. Deve-se evitar parágrafos longos que não estejam relacionados entre si, que não explicam, que não se complementam ou não concluam a idéia anterior.

f) Conclusões – Seção elaborada com base no objetivo e nos resultados do trabalho. Não pode consistir, simplesmente, do resumo dos resultados; deve apresentar as novas descobertas da pesquisa; e confirmar ou rejeitar as hipóteses formuladas na Introdução, se for o caso.

g) Citações – Quando incluídos na sentença, os sobrenomes dos autores devem ser grafados em caixa alta e baixa, com a data entre parênteses. Se não incluídos, devem estar entre parênteses, grafados em caixa alta e baixa, separados das datas por vírgula.

- Citação com dois autores: sobrenomes separados por “&” quando estiverem dentro ou fora de parênteses.
- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor seguido da expressão et al. em fonte normal.

- Citação de diversas obras de autores diferentes: obedecer à ordem cronológica e, em seguida, à ordem alfabética dos nomes dos autores, separadas por ponto e vírgula.
- Citação de mais de um documento dos mesmos autores: não há repetição dos nomes dos autores; as datas das obras, em ordem cronológica, são separadas por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor do documento original seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.
- Citações literais de até três linhas devem ser aspeadas, integrando o parágrafo normal. Após o ano da publicação, acrescentar a(s) página(s) do trecho citado (entre parênteses e separados por vírgula).
- Citações literais longas (quatro ou mais linhas) serão destacadas do texto em parágrafo especial e com recuo de quatro espaços à direita da margem esquerda, em espaço simples, corpo 10.

h) Figuras e Tabelas – As figuras e tabelas devem ser citadas no texto em ordem sequencial numérica, escritas com a letra inicial maiúscula, seguidas do número correspondente. As citações podem vir entre parênteses ou integrar o texto. As tabelas e as figuras devem ser apresentadas em local próximo ao de sua citação. O título de tabela deve ser escrito sem negrito e posicionado acima dela. O título de figura também deve ser escrito sem negrito, mas posicionado abaixo dela. Só são aceitas tabelas e figuras citadas no texto.

i) Notas de rodapé – As notas de rodapé (não bibliográficas) só devem ser usadas quando estritamente necessário.

j) Referências – Devem conter fontes atuais, principalmente de artigos de periódicos. Podem conter trabalhos clássicos mais antigos, diretamente relacionados com o tema do estudo. Devem ser normalizadas de acordo as adaptações da NBR 6023 de Agosto 2002, da ABNT (ou a vigente), conforme exemplos abaixo.

Devem-se referenciar somente as fontes usadas e citadas na elaboração do artigo e apresentadas em ordem alfabética.

Os exemplos a seguir constituem os casos mais comuns, tomados como modelos:

Monografia no todo (livro, folheto e trabalhos acadêmicos publicados)

COSTA, N.D. (Ed.). **A cultura do melão**. 3.ed. rev. atual. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 202p.

DUARTE, J. **Prosa com Eliseu**: entrevista a Jorge Duarte. Brasília: Embrapa, 2018.

Parte de monografia

SANTOS, J. de ARAÚJO dos. Intercâmbio de conhecimentos e novos desafios da fruticultura nas terras indígenas de Oiapoque. In: DIAS, T.; EIDT, J.S.; UDRY, C. (Ed.). **Diálogos de saberes**: relatos da Embrapa. Brasília: Embrapa, 2016. Cap. 12, p.203-215. (Coleção Povos e Comunidades Tradicionais, 2).

Artigo de revista

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e; BRANDÃO, A.S.P. Por que os preços da cesta básica caíram? **Revista de Política Agrícola**, ano19, p.14-20, 2010.

GAMARRA-ROJAS, G.; SILVA, N.C.G. da; VIDAL, M.S.C. Contexto, (agri)cultura e interação no agroecossistema familiar do caju no semiárido brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.34, p.313-338, 2017.

Dissertação ou Tese:

Não publicada

POSSAMAI, R.C. **Análise de viabilidade econômica da implantação do sistema integração lavoura-pecuária (iLP) no bioma cerrado**. 2017. 173p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo.

SOUSA, W.P. de. **A castanha-da-Amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) no contexto dos novos padrões internacionais de qualidade e segurança dos alimentos**. 2018. 243p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Publicada: da mesma forma que monografia no todo

Trabalhos apresentados em congresso

RONQUIM, C.C.; GARCON, E.A.M.; FONSECA, M.F. Expansão da cafeicultura na porção leste do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2017. p.3798-3805. Editado por Douglas Francisco M. Gherardi e Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão.

Documento de acesso em meio eletrônico

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 6 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais – SCN**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/servicos/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 5 mar. 2018.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; CHAGAS, C.I.; ZONTA, E. (Org.). **Impactos ambientais provenientes da produção agrícola**: experiências argentinas e brasileiras. São Paulo; Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2016. 1 CD-ROM.

Legislação

BRASIL. Lei nº 13.288, de 16 de maio de 2016. Dispõe sobre os contratos de integração, obrigações e responsabilidades nas relações contratuais entre produtores integrados e integradores, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 17 maio 2016. Seção1, p.1-3.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 15.913, de 2 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras – APRMATC, suas Áreas de Intervenção, respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional para a proteção e recuperação dos mananciais. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, 3 out. 2015. Seção1, p.1-5.

5. Outras informações

Para mais informações sobre a elaboração de trabalhos a serem enviados à Revista de Política Agrícola, contatar o Editor-Chefe, Wesley José da Rocha ou a secretária Luciana Gontijo Pimenta em:

wesley.jose@embrapa.br – (61) 3448-2418
luciana.gontijo@agricultura.gov.br – (61) 3218-2292

Colaboração





Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



CGPE 017529