

Freitas, Rogério Edivaldo

Working Paper

## Expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias

Texto para Discussão, No. 2796

**Provided in Cooperation with:**

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

*Suggested Citation:* Freitas, Rogério Edivaldo (2022) : Expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias, Texto para Discussão, No. 2796, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2796>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/269165>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2796

EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA  
NO BRASIL SEGUNDO AS  
LAVOURAS TEMPORÁRIAS

ROGÉRIO EDIVALDO FREITAS



**EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA  
NO BRASIL SEGUNDO  
AS LAVOURAS TEMPORÁRIAS<sup>1</sup>**

**ROGÉRIO EDIVALDO FREITAS<sup>2</sup>**

---

1. O autor em muito agradece as observações e correções de Júnia Cristina Peres Rodrigues da Conceição e de César Nunes de Castro à versão inicial do estudo. As falhas remanescentes são de responsabilidade do autor.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <rogerio.freitas@ipea.gov.br>.

**Governo Federal**

**Ministério da Economia**

**Ministro** Paulo Guedes

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidente**

**ERIK ALENCAR DE FIGUEIREDO**

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**

**ANDRÉ SAMPAIO ZUVANOV**

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das  
Instituições e da Democracia**

**FLÁVIO LYRIO CARNEIRO**

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**  
**MARCO ANTÔNIO FREITAS DE HOLLANDA CAVALCANTI**

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,  
Urbanas e Ambientais**

**NILO LUIZ SACCARO JUNIOR**

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais,  
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

**JOÃO MARIA DE OLIVEIRA**

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

**HERTON ELLERY ARAÚJO**

**Diretor de Estudos Internacionais**

**PAULO DE ANDRADE JACINTO**

**Assessor-chefe de Imprensa e  
Comunicação (substituto)**

**JOÃO CLÁUDIO GARCIA RODRIGUES LIMA**

**Ouvidoria:** <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

**URL:** <http://www.ipea.gov.br>

## Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica  
Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.  
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).  
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: Q10; Q15.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2796>

# SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO .....6

2 EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA NO BRASIL E ALHURES .....7

3 METODOLOGIA E FONTES DE DADOS ..... 10

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 14

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....28

REFERÊNCIAS .....30

## SINOPSE

A produção de alimentos permanece um dos principais desafios para a humanidade no presente século, e o Brasil é um dos poucos países, entre os grandes produtores de alimentos, que ainda detém áreas para expansão agrícola em termos viáveis econômica e tecnicamente. Saber quais áreas constituem a fronteira agrícola brasileira é crucial para aprimorar as correspondentes políticas públicas e decisões de infraestrutura logística. Nestes termos, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram usados, neste estudo, com o objetivo de medir e mapear a expansão de área agrícola no Brasil, entre 1995 e 2019, em nível das mesorregiões brasileiras e segundo as lavouras temporárias. Empregou-se um procedimento em quatro estágios e compararam-se os resultados de dois procedimentos de *clusters*, e, assim, identificaram-se mesorregiões similares, com base em suas tendências de participação na área plantada (lavouras temporárias) brasileira. Determinadas mesorregiões apresentaram valores tendenciais mais expressivos para suas parcelas na área plantada em lavouras temporárias no Brasil, vale dizer, norte mato-grossense (MT), nordeste mato-grossense (MT), sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS), sul goiano (GO), extremo oeste baiano (BA), sul maranhense (MA), sudoeste piauiense (PI) e oriental do Tocantins (TO). Como um segundo grupo líder, destacam-se o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG), São José do Rio Preto (SP), sudeste mato-grossense (MT) e leste goiano (GO). O trabalho elenca sugestões para investigações futuras, incluindo-se extensões para o caso das lavouras permanentes, e análises *top-down* em nível de microrregiões ou municípios, por exemplo.

**Palavras-chave:** fronteira agrícola; Brasil; mesorregiões; coeficiente de correlação de Spearman; análise de agrupamentos.

## ABSTRACT

Food production remains one of the main challenges for humankind in this century, and Brazil is one of the main food-producing countries that have yet some land for economically or technically profitable farming expansion. Then, knowing which areas constitute the Brazilian agricultural frontier is crucial for improving public policies and logistics infrastructure decisions. Data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics from 1995 to 2019 were used in this study. The study aimed to map and measure the expansion of agricultural areas in Brazil from 1995 to 2019 for temporary crops according to their mesoregions. The study used a four-stage methodology, compared the results of two agglomerative clustering methods, and identified similar mesoregions based on their share trends in the Brazilian agricultural seeded area. Some mesoregions had higher positive trend values for their share of the Brazilian agricultural seeded area: mato-grossense north (MT), mato-grossense northeast (MT), Mato Grosso do Sul southwest (MS), goiano south (GO), Bahia extreme west (BA), maranhense south (MA), piauiense southwest (PI), and Tocantins eastern (TO). As a second leading group, the Paranaíba Upstream (MG), São José do Rio Preto (SP), mato-grossense southeast (MT), and goiano east (GO), must be emphasized. Further research is recommended, including extending the study to permanent crops and applying top-down analysis targeting microregions or municipalities in the identified mesoregions.

**Keywords:** agricultural frontier; Brazil; mesoregions; Spearman's correlation coefficient; clustering.



## 1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos continua uma preocupação central para a humanidade. Estima-se que a população mundial chegará a 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (UN, 2019), e a urbanização é um processo em curso nos maiores países em desenvolvimento na África, na China e na Índia. Enquanto isso, a maior parte dos países líderes na produção de alimentos (Rússia, Estados Unidos, Argentina, Canadá e Austrália), bem como a União Europeia, não detém novas áreas para cultivo econômico ou tecnicamente rentáveis (Bruinsma, 2009; Barros, 2012; Freitas, Mendonça e Lopes, 2013).

Além disso, a maior parcela das terras já empregadas tem severas limitações, a exemplo de contaminação química, degradação física do solo, doenças endêmicas ou carência de infraestrutura adequada (Bruinsma, 2009). Igualmente, parte das áreas existentes é também ocupada por florestas, por áreas protegidas ou por reservas indígenas, adicionando-se o fato de que os sistemas agrícolas na África e no Sudeste Asiático parecem ser vulneráveis a mudanças em termos de demanda hídrica, em um contexto climático em transformação (Iglesias, Quiroga e Diz, 2011).

No Brasil, a expansão agrícola tem se notabilizado por se deslocar do Sul do país em direção às áreas do Centro-Oeste, desde a década de 1980, e alcançou os estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Matopiba), na região Nordeste e em trechos meridionais da região Norte. Gasques, Botelho e Bastos (2015), por exemplo, detectaram preços de terras crescentes como uma consequência da expansão agrícola no Pará, Amazonas e Tocantins. Na mesma tônica, áreas específicas de expansão agrícola incluem o Tocantins oriental, o sul maranhense, o sudoeste piauiense e o extremo oeste baiano. Estas regiões podem se tornar responsáveis pelo futuro da expansão de lavouras no Brasil de 2020 a 2050 (Câmara *et al.*, 2015; Freitas, 2017).

Dado que o Brasil é um dos mais importantes produtores globais de alimentos, é crítico mapear e monitorar sua expansão de área agrícola. Como primeiro aspecto, conhecer a expansão da área agrícola brasileira é crucial para estruturar e ajustar as respectivas políticas públicas em nível de infraestrutura, oferta de crédito, assistência técnica e educação para os produtores. Por sua vez, como segundo aspecto, os setores privados ligados aos insumos agrícolas podem também utilizar tais informações para modelar suas estratégias de operação local e decisões de investimentos.

Dessarte, este estudo objetiva medir e mapear as áreas de expansão agrícola para safras temporárias no Brasil, entre 1995 e 2019, em nível das mesorregiões brasileiras. As demais seções que compõem o trabalho estão assim estruturadas: a seção 2 discute a expansão de área agrícola no Brasil e externamente; a seção 3 apresenta a metodologia e a base de dados empregadas; a seção 4 reporta e discute os resultados, cabendo à seção 5 as considerações finais.

## 2 EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA NO BRASIL E ALHURES

Como destacado por Awokuse e Xie (2015), a notável expansão do setor agropecuário no Brasil tem contribuído para o crescimento geral da economia do país, com destaque para a produção e exportação de carne bovina, frango, café, soja, óleos vegetais, açúcar e etanol derivado de cana-de-açúcar. Todavia, a expansão de área agrícola do Brasil está ainda associada a problemas severos.

A degradação de pastagens, por exemplo, é um passivo importante na agropecuária brasileira, mas esforços de restauração e recuperação podem tornar essas áreas uma nova fronteira, seja para a expansão de campos de lavouras, seja para a restauração de florestas (Feltran-Barbieri e Féres, 2021). Por sua vez, Guilherme e Vidica (2019) advogam que o desenvolvimento rural sustentável e a integração lavoura-pecuária-floresta podem contribuir para a redução de impactos do setor produtivo no meio ambiente.

Ao mesmo tempo, encontrar um equilíbrio entre a conservação dos ecossistemas e a produção de bens e serviços de que as sociedades precisam para prosperar é determinante para o desenvolvimento sustentável de longo prazo de qualquer região, mas este equilíbrio é variável entre os diversos ambientes de uma mesma área (Araújo *et al.*, 2021).

Nessa tônica, técnicas específicas podem ser muito úteis para produções consorciadas. Segundo Hong, Heerink e Werf (2020), efeitos positivos de produções consorciadas sobre a produção e sobre os recursos naturais podem ser também alcançados se a política de ampliação de escala produtiva for combinada com políticas de inclusão de novas variedades consorciadas, sobretudo daqueles tipos em que se pode fazer uso do maquinário já disponível.

Outro aspecto fundamental é o efeito de expansão de área agrícola sobre a cobertura de solo. Mudanças no uso da terra e na cobertura de solo afetam o clima, tanto por meio de mecanismos biogeoquímicos quanto por meio de processos biofísicos (Duveiller *et al.*, 2020). Conquanto os mecanismos biogeoquímicos sejam aferidos em uma escala global e constituam o coração dos tratados sobre o clima, a exemplo do Acordo de Paris, os efeitos biofísicos não estão contemplados, em que pesem seus impactos crescentemente reconhecidos, em especial os de escala local.

Na experiência internacional, países específicos são o cerne de inúmeras abordagens combinando políticas públicas, preocupações agroambientais e expansão de área agrícola. Acerca da União Europeia, Braito *et al.* (2020) enfatizam as relações homem-natureza, principalmente no que se refere à oferta de treinamento e de serviços de experimentação agrícola, estimulando as redes sociais e elevando a reputação social dos produtores agrícolas.



Os Estados Unidos, outro grande produtor de alimentos, têm também singularidades em termos de crescimento de área agrícola. Neste caso, a política agrícola exerce influência substancial sobre as áreas de cultivo, por meio do Programa de Reservas de Conservação (Hendricks e Er, 2018).

Diferentes tipos de produção têm também efeitos distintos sobre a expansão de áreas agrícolas, e a informação e contínua educação têm se tornado fatores cruciais para todos os tipos de produtores, de acordo com o conceito *smart farming*. Tal conceito refere-se ao uso das tecnologias da informação e da comunicação na administração das fazendas, com foco simultâneo em produtividade, rentabilidade e conservação dos recursos naturais (Pivoto *et al.*, 2019). A adoção de certas tecnologias<sup>1</sup> exige mais anos de estudo e conhecimento sobre como as tecnologias funcionam, e algumas delas ainda demandam uma maior escala de operações.

No caso brasileiro, na última década, a agricultura familiar tem passado por mudanças importantes no cenário nacional, alterando as suas dinâmicas produtiva e social, e políticas públicas como a assistência técnica e extensão rural (Ater) podem exercer um papel relevante no seu fortalecimento (Araujo *et al.*, 2020). Este trabalho concluiu que a estruturação de uma nova e eficiente Ater deve basear-se em: i) ação do Estado, mas sem a prerrogativa de ser a fonte única de tais serviços; ii) ampliação do desempenho dos municípios, no que a atuação das câmaras municipais pode contribuir para que a Ater se transforme em um serviço de qualidade; iii) treinamento contínuo e qualificado para os extensionistas rurais; iv) introdução de mecanismos de financiamento inovadores; e v) promoção e integração da pesquisa e da extensão rurais.

Em áreas geográficas maiores, a exemplo da Amazônia, os pequenos produtores ocupam uma ampla faixa de terras e via de regra carecem de assistência técnica, tecnologia de produção e mercados. Prover assistência técnica de qualidade a estes pequenos produtores pode ajudá-los a melhor alinhar práticas de produção com oportunidades locais, aumento de renda da propriedade e melhores condições de vida, com paralela redução da pressão por desmatamento (Stabile *et al.*, 2020).

Azevedo-Ramos *et al.* (2020) avaliaram a região Norte do Brasil e identificaram 49,8 milhões de hectares de florestas públicas não precisamente designadas pelos governos federal ou estaduais, as assim denominadas florestas públicas não designadas (FPND). Historicamente, tais florestas têm se mostrado vulneráveis a grileiros e especulação de terras. Mais relevantes ainda são a seriedade

---

1. Para uma análise atual do caso brasileiro, o leitor interessado pode encontrar uma avaliação da expansão da produção agrícola *vis-à-vis* novas tecnologias, aumento de produtividade e diferenças tecnológicas em Pereira e Castro (2022).

e precariedade da proteção das FPND da Amazônia brasileira, a rápida conversão das florestas fora destas áreas e a elevada flexibilidade nas políticas de terras que clamam pela introdução imediata de alguma forma de conservação nestas áreas, com vistas a se evitem danos irreparáveis à maior floresta tropical do planeta. Dessarte, uma questão fundamental é como solucionar a consolidação da propriedade da terra em áreas da Amazônia, o que demanda simultâneas ações de políticas públicas.

Na Europa e frequentemente ao redor do globo, as autoridades locais e nacionais empregam diferentes medidas para estimular o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental das terras, por meio da consolidação da propriedade das terras (Pašakarnis *et al.*, 2021). Isso é ainda mais necessário no Brasil, tendo-se em vista que a Amazônia brasileira apresenta áreas com distintos níveis de modernização agrícola. Conforme Lobão e Staduto (2020), há um padrão heterogêneo e dual da modernização agrícola na Amazônia brasileira, sendo que as regiões norte e oeste da região amazônica apresentam os piores indicadores de modernização agrícola, enquanto as regiões ao sul e leste (Amazônia oriental) apresentam os melhores indicadores.

Uma segunda área de fronteira agrícola no Brasil é a região Nordeste, com ênfase em seus trechos ocidentais, o que inclui áreas com restrições hídricas. Para o alcance de águas subterrâneas, a produção de alimentos e a segurança energética de longo prazo, tais regiões demandam mais conservação (inclusive a recuperação de áreas degradadas), mais diversificação das práticas agrícolas e melhor integração das iniciativas individuais em escala espacial mais ampla (Araújo *et al.*, 2021). Tais regiões são especialmente sensíveis às mudanças climáticas. Nesse mesmo diapasão, Carlos, Cunha e Pires (2019) avaliaram a relação entre o conhecimento dos produtores acerca das mudanças climáticas e da adoção de estratégias adaptativas na Bahia, e detectaram que os fazendeiros mais conscientes dos efeitos das mudanças climáticas estão mais aptos à adaptação.

No caso brasileiro, os requisitos logísticos podem também afetar o perfil de expansão das áreas agrícolas. De acordo com Celidonio, Werner e Gil (2019), a expansão da soja, em Mato Grosso, está fortemente associada com a presença de outros campos da oleaginosa e de armazéns no raio de 50 km a 100 km. Conseqüentemente, investimentos logísticos adequados são cruciais para o desenvolvimento regional.

Silva *et al.* (2021) apontaram uma outra questão. Seus resultados indicaram que o *deficit* orçamentário anual nas áreas brasileiras protegidas cresceu na última década, contemplando os casos de áreas protegidas na Amazônia, floresta atlântica, cerrados e caatingas, demandando novas políticas, parcerias público-privadas e novos mecanismos de dotação orçamentárias com vistas a serem sanados os amplos *deficit* no sistema federal brasileiro de áreas protegidas.

Por fim, inúmeros estudos têm valorado o Código Florestal Brasileiro (CFB). De acordo com Hissa *et al.* (2019), há muitas expectativas de que o *enforcement* do código será um estímulo vigoroso para a recuperação florestal em larga escala e para a mitigação de carbono. Para os autores, o comércio de certificados lançados pode representar uma estratégia de baixo custo para a execução das normatizações do CFB, um caminho para atingir objetivos de recuperação, e uma fonte adicional de renda para os detentores da terra. Em contrapartida, Mueller (2018) advoga que a questão fundamental do CFB é o nível de incerteza quanto à discrepância entre as especificações legais e a realidade factual dos direitos de propriedade.

### 3 METODOLOGIA E FONTES DE DADOS

Este trabalho utiliza dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contemplando a área plantada<sup>2</sup> em nível das mesorregiões brasileiras no período 1995-2019, referindo-se exclusivamente às lavouras temporárias (IBGE, 2021). Esta definição inclui abacaxi, algodão, alho, amendoim, arroz, aveia, batata, batata-doce, cana-de-açúcar, cebola, centeio, cevada, ervilha, feijão, tabaco, girassol, juta, linho (semente), malva, mamona, mandioca, melancia, melão, milho, rami, soja, sorgo, tomate, trigo e triticale.<sup>3</sup>

A metodologia é composta de quatro estágios. Primeiramente, estabelece-se um limite inicial de seleção das mesorregiões. A seguir, calcula-se o coeficiente de correlação de Spearman, com vistas a detectar as mesorregiões para as quais há uma tendência temporal, em termos de participação na área plantada, no período 1995-2019. No terceiro estágio, uma tendência temporal é estimada para tais mesorregiões. Finalmente, a análise de *clusters* é aplicada, com vistas a identificar grupos de mesorregiões similares, no que concerne à tendência participativa na expansão de área agrícola de lavouras temporárias, entre 1995 e 2019.

Cada passo metodológico é descrito, em detalhe, nas subseções seguintes.

#### 3.1 Seleção das mesorregiões

O Brasil apresenta 137 mesorregiões, de acordo com IBGE (2021). Como parâmetro de corte, somente serão avaliadas aquelas com ritmo superior de expansão de área agrícola. Para selecioná-las, estabeleceu-se que o limite inferior (ou corte) será dado pela taxa geométrica de crescimento anual da área agrícola do Brasil ( $TGC_B$ ), entre 1995 e 2019, que é definida conforme se segue:

2. Doravante, a expressão *área agrícola* refere-se sempre à área plantada, vale dizer, à área agrícola para lavouras temporárias.

3. Para girassol e triticale, os dados só estiveram disponíveis para o período 2005-2019.

$$TGC_{Br} = 25 \sqrt{\frac{\text{Área plantada}_{2019}}{\text{Área plantada}_{1995}}} - 1. \quad (1)$$

Logo, somente as mesorregiões com TGC acima do nível de referência nacional (Brasil), entre os 25 anos analisados, farão parte do conjunto de mesorregiões valoradas nas seções subsequentes.

### 3.2 Coeficiente de correlação de Spearman

Definindo  $Sh_i$  como a participação da mesorregião na área agrícola brasileira, o coeficiente de correlação de Spearman foi empregado para avaliar se há trajetória tendencial de  $Sh_i$  durante o período 1995-2019. O teste respectivo é um teste não paramétrico e não exige que os dados originais sejam normalmente distribuídos (Conover, 1999; Morettin e Tolo, 2006). Nestes termos, trata-se de calcular o coeficiente de correlação entre o posto natural dos níveis de  $Sh_i$  e sua correspondente estrutura temporal, sendo ele calculado como nas equações (2) e (3).

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot d}{N \cdot (N^2 - 1)}, \quad (2)$$

em que:

$$d = \sum_1^T [R_t - t]^2. \quad (3)$$

A variável  $R_t$  é o posto da variável quando ordenada crescentemente no tempo, e  $t = 1, 2, 3, \dots$ , e  $T$  é o posto natural dos diferentes momentos no intervalo temporal considerado. A ideia implícita no teste é que a diferença identificada entre  $R_t$  e  $t$  afeta diretamente a probabilidade de rejeitar a nulidade da tendência temporal.

### 3.3 Análise da tendência temporal

Nos casos em que o coeficiente de correlação de Spearman identifique uma tendência temporal não nula, esta será estimada. Como aproximação inicial, emprega-se a abordagem linear,<sup>4</sup> na qual o tempo ( $T$ ) é a variável explicativa de  $Sh_i$ , consoante a equação (4), na qual o termo  $u_i$  é assumido com as hipóteses clássicas acerca dos resíduos em regressões lineares.

$$Sh_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + u_i. \quad (4)$$

4. Com a disponibilidade de uma série mais extensa de dados, abordagens mais complexas podem vir a ser incorporadas, a exemplo de arranjos não lineares ou com a inserção de componentes de sazonalidade.

Conforme Barreto e Howland (2006), o modelo decompõe a soma de quadrados total (SQT) em soma de quadrados explicada (SQE) e em soma de quadrados dos resíduos (SQR), representados pela equação (5), na qual  $Sh_{im}$  é a participação média de cada região na área agrícola brasileira, no período 1995-2019, para safras temporárias;  $Sh_{ite}$  é o valor estimado para  $Sh_{it}$  em cada ponto do tempo; e  $e_{eit}$  é o resíduo correspondente.

$$SQT = SQE + SQR = \sum_{t=1}^T (Sh_{it} - Sh_{im})^2 = \sum_{t=1}^T (Sh_{ite} - Sh_{im})^2 + \sum_{t=1}^T (e_{eit})^2. \quad (5)$$

De posse das fontes de variância e dos graus de liberdade presentes em cada termo da equação (5) e conforme ilustra a tabela 1, é possível gerar a tabela de análise de variância (ANOVA), cujo teste  $F$  permite avaliar a significância estatística dos coeficientes da equação (4).

**TABELA 1**  
ANOVA

Fonte (A)	Graus de liberdade (B)	Quadrado médio = (A)/(B)	F-teste (F)
SQE	1	SQE/1 = QME	$F = QME/QMR$
SQR	(n-2)	SQR/(n-2) = QMR	-
SQT	(n-1)	SQT/(n-1)	-

Fonte: Barreto e Howland (2006).  
Elaboração do autor.

### 3.4 Clusters das mesorregiões na fronteira agrícola brasileira

O último estágio metodológico é dado pela análise de *clusters* ou de grupamentos. O procedimento baseia-se nas mesorregiões com tendência temporal definida e mensurada nas etapas precedentes. A análise de *clusters* tem sido utilizada para detectar similaridades entre indivíduos de um conjunto ou universo maior por mais de um século, e seu uso foi aplicado em distintas áreas de pesquisa, a exemplo da arqueologia (Driver e Kroeber, 1932), psicologia e psiquiatria (Zubin, 1938a; 1938b), agronomia (Castro, 2004), e mesmo em análises relacionadas a características taxonômicas (Sokal e Sneath, 1963).

Em grandes linhas, os procedimentos aglomerativos podem ser divididos em dois grupos: os métodos aglomerativos hierárquicos e os métodos aglomerativos não hierárquicos. No primeiro caso, tem-se um procedimento passo a passo para estabelecer os grupamentos ou *clusters*; já os métodos aglomerativos não hierárquicos utilizam-se de algoritmos que maximizam a *homogeneidade* dos grupos gerados, sem recorrer a um processo hierarquizado para tal.

Entre os métodos aglomerativos hierárquicos, os mais comumente usados são os: do vizinho mais próximo (ligação única), do vizinho mais distante (ligação completa) ou da vizinhança média. Estes métodos não demandam um número preestabelecido de *clusters* que funcionem como centros de aglutinação. Por seu turno, entre os métodos aglomerativos hierárquicos, o mais recorrente é o procedimento *k-means*, no qual se define um número de centros de aglomeração que serve de base para a alocação das unidades de acordo com sua proximidade a tais centros.

Neste trabalho, salvo registro em contrário, os procedimentos baseiam-se em Johnson e Wichern (2007) e aplicam o método aglomerativo hierárquico para se definir um número de *clusters*, informação que é utilizada como insumo para implementação do método aglomerativo não hierárquico *k-means*.

Para efetivar esse processo, emprega-se a distância euclidiana, com base no método do vizinho mais próximo. Esta abordagem é adequada quando as observações exibem elevada variabilidade nas variáveis mensuradas (Fávero e Belfiore, 2020), como no caso em análise, porque a amplitude e variabilidade das variáveis cresce entre as mesorregiões aferidas durante o período 1995-2019.

A distância euclidiana é uma distância-padrão consagrada neste tipo de metodologia; é definida como uma função das variáveis associadas a dois elementos amostrais quaisquer e pode ser expressa como na equação (6), em que o termo  $i$  é a variável ou característica medida em cada elemento amostral e  $k$  é o número de elementos mensurados.

$$d(X_1, X_k) = [(X_1 - X_k)'(X_1 - X_k)]^{1/2} = [\sum_{i=1}^p (X_{i1} - X_{ik})^2]^{1/2}. \quad (6)$$

Os cálculos consistem de dois estágios. Inicialmente, o método hierárquico aglomerativo é aplicado e indica o número de *clusters* que melhor se adéqua ao conjunto de mesorregiões avaliadas. A seguir, essa informação é utilizada para implementar o método aglomerativo não hierárquico *k-means*. Uma vez que os métodos aglomerativo hierárquico e não aglomerativo *k-means* tenham sido aplicados, seus resultados podem ser cotejados.

Além disso, é possível testar a presença de diferentes médias entre os *clusters* gerados por meio do teste  $F$ , já descrito anteriormente (Barreto e Howland, 2006; Greene, 2017), conforme as hipóteses a seguir.

- $H_0$ : a variável (tendência temporal) apresenta igual média para todos os *clusters*.
- $H_a$ : a variável (tendência temporal) apresenta ao menos uma média distinta entre os *clusters*.



Permite-se, assim, uma checagem dos grupamentos, seja para o procedimento aglomerativo hierárquico, seja para o procedimento aglomerativo não hierárquico *k-means*.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A  $TGC_{Br}$ , de 1995 a 2019, foi da ordem de 2%. Das 137 mesorregiões brasileiras, somente 41 tiveram TGC igual ou superior a tal valor. A tabela 2 apresenta as mesorregiões selecionadas, em ordem decrescente de TGC, e os passos metodológicos subsequentes serão conduzidos exclusivamente com as referidas mesorregiões.

**TABELA 2**

**Mesorregiões selecionadas de acordo com a TGC**

(Em %)

Mesorregião (Unidade de Federação – UF)	TGC
Norte do Amapá (AP)	11,0
Oriental do Tocantins (TO)	9,5
Nordeste mato-grossense (MT)	8,4
Norte mato-grossense (MT)	7,5
Sul maranhense (MA)	7,2
Sul do Amapá (AP)	7,1
Sudoeste piauiense (PI)	5,9
Marajó (PA)	5,8
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	5,1
Noroeste goiano (GO)	5,1
Ocidental do Tocantins (TO)	5,1
Centro-sul mato-grossense (MT)	4,8
Leste goiano (GO)	4,8
Extremo oeste baiano (BA)	4,7
Centro-norte de Mato Grosso do Sul (MS)	4,7
Norte de Roraima (RR)	4,4
Araçatuba (SP)	4,3
Presidente Prudente (SP)	4,2
Norte goiano (GO)	4,1
Noroeste paranaense (PR)	4,1
Sul goiano (GO)	3,9
Madeira-Guaporé (RO)	3,9

(Continua)

## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Mesorregião (Unidade de Federação – UF)	TGC
São José do Rio Preto (SP)	3,8
Marília (SP)	3,8
Sudoeste mato-grossense (MT)	3,6
Centro-ocidental rio-grandense (RS)	3,4
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	3,3
Sudeste mato-grossense (MT)	3,3
Itapetininga (SP)	3,2
Distrito Federal (DF)	3,1
Sudoeste rio-grandense (RS)	3,0
Noroeste de Minas Gerais (MG)	2,7
Nordeste rio-grandense (RS)	2,6
Leste de Mato Grosso do Sul (MS)	2,6
Bauru (SP)	2,6
Sul amazonense (AM)	2,5
Campo das Vertentes (MG)	2,5
Sudeste paraense (PA)	2,4
Centro amazonense (AM)	2,1
Pantaneais sul mato-grossenses (MS)	2,0
Araraquara (SP)	2,0
<b>Brasil</b>	<b>2,0</b>

Fonte: IBGE (2021).  
Elaboração do autor.

Para as safras temporárias avaliadas, as 41 mesorregiões selecionadas representaram 32,6% da área agrícola brasileira plantada, em 1995, e 62,7%, em 2019; vale dizer, no conjunto, elas experimentaram um crescimento de 30 pontos percentuais (p.p.), em 25 anos, na área agrícola brasileira plantada com lavouras temporárias.

Estas mesorregiões concentraram-se em três regiões brasileiras: catorze mesorregiões no Centro-Oeste, dez no Sudeste e dez no Norte. As regiões Sul e Nordeste apresentaram quatro e três mesorregiões selecionadas, respectivamente. Em nível de UF, elas se concentraram em seis estados: sete em São Paulo,<sup>5</sup> cinco em Mato Grosso, quatro em Mato Grosso do Sul, quatro em Goiás, três no Rio Grande do Sul e três em Minas Gerais.

5. Este dado pode representar o sinal de substituição de lavouras permanentes (laranja, café etc.) por safras temporárias no estado de São Paulo, o que pode ser objeto de futuros aprofundamentos deste trabalho.

#### 4.1 Teste do coeficiente de correlação de Spearman

Uma vez que as mesorregiões objeto do estudo tenham sido selecionadas, o passo seguinte constitui-se da análise do coeficiente de correlação de Spearman. A tabela 3 traz os resultados do teste para as mesorregiões de interesse no âmbito da área agrícola, para lavouras temporárias, no período 1995-2019.

**TABELA 3**

**Teste do coeficiente de Spearman para as mesorregiões selecionadas**

Mesorregião (UF)	Teste do coeficiente de Spearman
Norte do Amapá (AP)	0,752***
Oriental do Tocantins (TO)	0,971***
Nordeste mato-grossense (MT)	0,985***
Norte mato-grossense (MT)	0,992***
Sul maranhense (MA)	0,984***
Sul do Amapá (AP)	0,962***
Sudoeste piauiense (PI)	0,981***
Marajó (PA)	0,305
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,989***
Noroeste goiano (GO)	0,722***
Ocidental do Tocantins (TO)	0,824***
Centro-sul mato-grossense (MT)	0,858***
Leste goiano (GO)	0,942***
Extremo oeste baiano (BA)	0,979***
Centro-norte de Mato Grosso do Sul (MS)	0,962***
Norte de Roraima (RR)	0,218
Araçatuba (SP)	0,818***
Presidente Prudente (SP)	0,857***
Norte goiano (GO)	0,913***
Noroeste paranaense (PR)	0,827***
Sul goiano (GO)	0,913***
Madeira-Guaporé (RO)	0,299
São José do Rio Preto (SP)	0,796***
Marília (SP)	0,776***

(Continua)

## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Mesorregião (UF)	Teste do coeficiente de Spearman
Sudoeste mato-grossense (MT)	0,848***
Centro-ocidental rio-grandense (RS)	0,701***
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	0,974***
Sudeste mato-grossense (MT)	0,818***
Itapetininga (SP)	0,853***
Distrito Federal (DF)	0,842***
Sudoeste rio-grandense (RS)	0,73***
Noroeste de Minas Gerais (MG)	0,898***
Nordeste rio-grandense (RS)	0,113
Leste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,073
Bauru (SP)	0,357
Sul amazonense (AM)	-0,602***
Campo das Vertentes (MG)	-0,190
Sudeste paraense (PA)	-0,440
Centro amazonense (AM)	-0,586***
Pantaneiros sul mato-grossenses (MS)	0,130
Araraquara (SP)	0,037

Fonte: IBGE (2021).

Elaboração do autor.

Obs.: \*\*\* Nível de significância de 1%.

O teste do coeficiente de Spearman indicou que 31 mesorregiões apresentaram tendência temporal para as respectivas participações na área agrícola brasileira de lavouras temporárias, entre 1995 e 2019. Tais mesorregiões concentram-se em três regiões brasileiras: doze no Centro-Oeste, sete no Sudeste e seis no Norte.<sup>6</sup>

Em termos de UFs, Mato Grosso (cinco mesorregiões), São Paulo (cinco mesorregiões) e Goiás (quatro mesorregiões) devem ser destacadas. Conforme Stege e Bacha (2020), esses estados pertencem ao grupo de estados nos quais ocorrem *clusters* espaciais significativos para a agricultura brasileira.

6. No que concerne às grandes regiões do Brasil, há um *deficit* orçamentário federal nas áreas protegidas nos cerrados, na Mata Atlântica, na Caatinga (áreas secas) e na Amazônia, mas ele é maior nas áreas protegidas da Amazônia, isto é, na região Norte (Silva *et al.*, 2021).

Das 41 mesorregiões selecionadas anteriormente, dez não tiveram tendência temporal identificada, de modo que foram excluídas das etapas metodológicas subsequentes. São estas as mesorregiões de Marajó (PA), norte de Roraima (RR), Madeira-Guaporé (RO), nordeste rio-grandense (RS), leste de Mato Grosso do Sul (MS), Bauru (SP), Campo das Vertentes (MG), sudeste paraense (PA), pantanais sul mato-grossenses (MS) e Araraquara (SP).

## 4.2 Tendência temporal

A tendência temporal foi calculada para 31 mesorregiões, em linha com os resultados da subseção 4.1. Ela mede a tendência no tempo da participação de cada mesorregião na área agrícola brasileira para as safras temporárias, entre 1995 e 2019. A tabela 4 apresenta os respectivos valores, em ordem decrescente.

**TABELA 4**

**Tendência temporal da participação das mesorregiões na área agrícola plantada (safras temporárias) no Brasil**

Mesorregião (UF)	Tendência temporal <sup>1</sup>
Norte mato-grossense (MT)	0,004377
Nordeste mato-grossense (MT)	0,001254
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,001197
Sul goiano (GO)	0,00088
Extremo oeste baiano (BA)	0,000621
Sudoeste piauiense (PI)	0,000471
Sul maranhense (MA)	0,000425
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	0,000367
São José do Rio Preto (SP)	0,000357
Sudeste mato-grossense (MT)	0,000337
Leste goiano (GO)	0,000335
Oriental do Tocantins (TO)	0,00032
Presidente Prudente (SP)	0,000239
Centro-norte de Mato Grosso do Sul (MS)	0,000236
Ocidental do Tocantins (TO)	0,00023
Noroeste paraense (PR)	0,000199
Noroeste de Minas Gerais (MG)	0,000188

(Continua)

## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Mesorregião (UF)	Tendência temporal <sup>1</sup>
Araçatuba (SP)	0,00018
Centro-ocidental rio-grandense (RS)	0,000161
Sudoeste rio-grandense (RS)	0,000129
Itapetininga (SP)	0,000118
Sudoeste mato-grossense (MT)	0,000078
Norte goiano (GO)	0,000065
Centro-sul mato-grossense (MT)	0,00006
Noroeste goiano (GO)	0,000053
Marília (SP)	0,000045
Distrito Federal (DF)	0,000026
Sul do Amapá (AP)	0,000012
Norte do Amapá (AP)	0,000006
Sul amazonense (AM)	-0,000022
Centro amazonense (AM)	-0,000024

Fonte: IBGE (2021).

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Nível de significância de 1%.

Todas as 31 mesorregiões apresentaram tendência temporal significativa em 1% para suas participações na área agrícola plantada brasileira no período. Em sua maioria, exibiram tendência temporal positiva, à exceção do sul amazonense (AM) e do centro amazonense (AM), que apresentaram tendências negativas.<sup>7</sup> Deve ser observado que estas duas mesorregiões são espaços contíguos no território brasileiro.

Em termos de valores das tendências, maiores valores positivos estão concentrados na região Centro-Oeste, vale dizer, no norte mato-grossense (MT), no nordeste mato-grossense (MT) e no sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS); ao mesmo tempo que o sul goiano (GO), o extremo oeste baiano (BA), o sudoeste piauiense (PI) e o sul maranhense (MA) compõem um segundo agrupamento, neste aspecto. Estas sete mesorregiões tiveram um maior impacto entre as tendências médias aferidas.

7. Dado o caráter de exceção identificado para essas duas mesorregiões, elas podem representar casos específicos para aprofundamentos em trabalhos posteriores.



Em Mato Grosso (MT), a expansão da soja está fortemente associada com a presença de outros campos de soja e de armazéns no raio de 50 km a 100 km, e investimentos logísticos precisos são fundamentais para o desenvolvimento regional com proteção ambiental (Celidonio, Werner e Gil, 2019).

Considerando-se o estado da Bahia e alguns espaços geográficos do Piauí, tem-se áreas com restrições hídricas em terras áridas. Nestas regiões, para se atingirem objetivos de uso de águas subterrâneas e de segurança energética e alimentar, são exigidas estratégias adicionais de conservação (incluída a recuperação de áreas degradadas), diversificação das práticas agrícolas e melhor integração das iniciativas individuais em uma escala espacial mais ampla (Araújo *et al.*, 2021).

Igualmente, outro grupo pode ser destacado com base nos resultados da tabela 4. Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG), São José do Rio Preto (SP), sudeste mato-grossense (MT), leste goiano (GO), oriental do Tocantins (TO), Presidente Prudente (SP), centro-norte de Mato Grosso do Sul (MS) e ocidental do Tocantins (TO) apresentaram tendências temporais positivas no intervalo [0,0002;0,0004]. No mesmo diapasão, noroeste paranaense (PR), noroeste de Minas Gerais (MG), Araçatuba (SP), centro-ocidental rio-grandense (RS), sudoeste rio-grandense (RS) e Itapetininga (SP) exibiram tendências temporais positivas relativamente modestas no intervalo [0,0001;0,0002].

Conquanto os valores estimados sejam relativamente pequenos, eles exercem impacto de longo prazo substancial na participação da mesorregião na área agrícola plantada (safras temporárias) brasileira. Conhecer o lócus de expansão dá área agrícola brasileira é crucial para ajustar e incentivar as respectivas políticas públicas em nível de infraestrutura,<sup>8</sup> como também de oferta de crédito, e de assistência técnica e educacional dos produtores.<sup>9</sup>

Ademais, conforme Pivoto *et al.* (2019), o uso de tecnologias de informação e de comunicação na administração das propriedades requer educação continuada dos produtores em todos os níveis. Tal processo pode resultar em um agregado de produtividade, rentabilidade e conservação de recursos naturais, mas pode também exigir uma maior escala de produção.

8. Cropper, Puri e Griffiths (2001) e Chomitz e Gray (1996) já haviam destacado o papel das estradas em tornar mais fácil o acesso a mercados.

9. O leitor interessado especificamente neste ponto pode visitar Peixoto (2020) e Pereira e Castro (2021) para avaliações atuais do caso brasileiro.

Estes resultados ratificam a recente expansão da fronteira agrícola brasileira em áreas de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, juntamente com áreas do Maranhão, do Piauí e da Bahia, além de regiões setentrionais e orientais do Tocantins.<sup>10</sup> As respectivas mesorregiões expandiram os limites de áreas para lavouras temporárias durante o período 1995-2019.

### 4.3 Análise de *clusters* das mesorregiões selecionadas

Esta subseção discute algumas medidas de dispersão preparatórias para a escolha do método aglomerativo hierárquico adequado na análise de agrupamentos. Quanto maiores as medidas de dispersão, mais adequado o método da ligação única (ou direto), considerado preferível quando as observações são distantes entre si. Quanto menores as medidas de dispersão, mais adequado o método da ligação completa, preferível em um cenário de observações próximas umas das outras.

Os dados aferidos contemplaram somente as 31 mesorregiões selecionadas de acordo com os passos metodológicos anteriores. A tabela 5 reporta as medidas de dispersão mensuradas. A primeira delas é o desvio-padrão (DP) para as participações das mesorregiões na área plantada brasileira de 1995 a 2019. A segunda é a amplitude (A) para a participação das mesorregiões selecionadas na área agrícola plantada do país no mesmo período, e mede a diferença entre as participações mínima e máxima na área agrícola plantada brasileira.

---

10. Conquanto o foco, neste estudo, não seja o de buscar explicações para a expansão agrícola nas áreas mensuradas, algumas ilações podem ser sugeridas como terreno para investigações posteriores, a saber, a disponibilidade de novas áreas, a disponibilidade hídrica, e a melhoria dos canais de infraestrutura já presentes ou em consolidação naqueles espaços geográficos.

**TABELA 5****Desvio-padrão e amplitude para participação das mesorregiões selecionadas na área agrícola plantada brasileira (1995-2019)**

Ano	Desvio-padrão	Amplitude
1995	0,010	0,04
1996	0,010	0,04
1997	0,011	0,05
1998	0,013	0,05
1999	0,014	0,06
2000	0,014	0,06
2001	0,015	0,07
2002	0,016	0,07
2003	0,017	0,08
2004	0,018	0,09
2005	0,020	0,10
2006	0,019	0,09
2007	0,019	0,09
2008	0,020	0,10
2009	0,019	0,10
2010	0,020	0,10
2011	0,021	0,10
2012	0,023	0,12
2013	0,024	0,13
2014	0,024	0,12
2015	0,025	0,13
2016	0,025	0,13
2017	0,026	0,14
2018	0,026	0,14
2019	0,027	0,15

Fonte: IBGE (2021).  
Elaboração do autor.

Ambas as medidas apresentaram tendência<sup>11</sup> de crescimento no período 1995-2019. Isso indica uma dispersão e amplitude crescentes para a participação das mesorregiões selecionadas na área agrícola plantada do país, entre 1995 e 2019. Com base em tais resultados, o método da ligação única foi usado no procedimento de *clusters* para as mesorregiões.

#### 4.3.1 O procedimento da análise de *clusters*

O procedimento da análise de *clusters* baseou-se nas tendências temporais obtidas nos dois primeiros estágios metodológicos, e o método aglomerativo hierárquico do vizinho mais próximo (ligação única) foi implementado de modo a gerar o dendograma apresentado na figura 1. O dendograma é um diagrama no formato de árvore que representa as categorias ou variáveis sob as quais se mensura a similaridade entre grupos de indivíduos em um universo de dados. Trata-se de procedimento já estabelecido em análises de *clusters*.

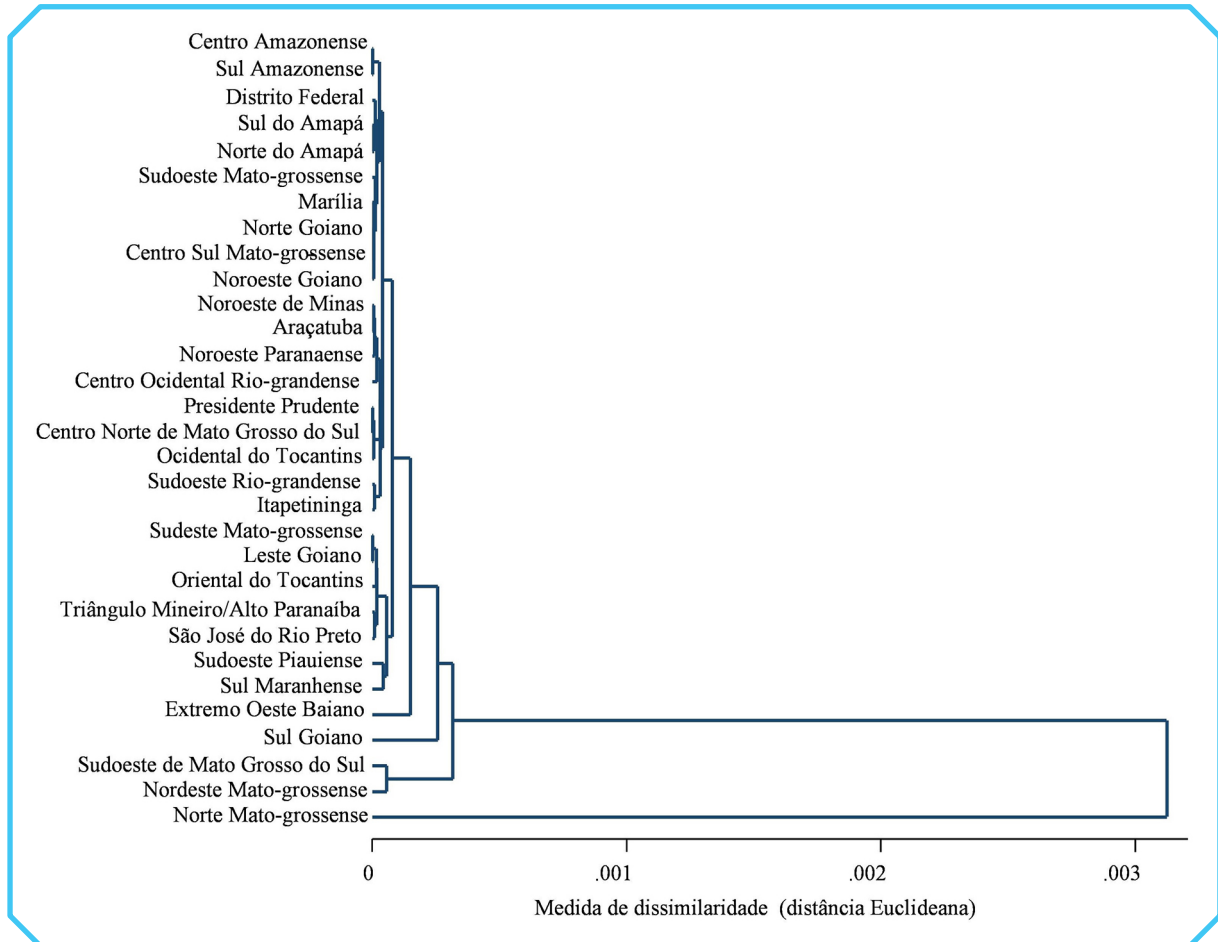
A figura 1 indica que há doze subgrupos de mesorregiões, a partir das semelhanças entre suas tendências na expansão de área plantada, no período 1995-2019. Tais subgrupos são definidos pelos saltos na medida de similaridade (distância euclidiana) localizada no eixo x. Os subgrupos são:

- centro amazonense e sul amazonense;
- Distrito Federal, sul do Amapá e norte do Amapá;
- sudoeste mato-grossense, Marília, norte goiano, centro-sul mato-grossense e noroeste goiano;
- noroeste de Minas Gerais, Araçatuba, noroeste paranaense e centro-ocidental rio-grandense;
- Presidente Prudente, centro-norte de Mato Grosso do Sul e ocidental de Tocantins;
- sudoeste rio-grandense e Itapetininga;
- sudeste mato-grossense, leste goiano, oriental de Tocantins, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e São José do Rio Preto;
- sudoeste piauiense e sul maranhense;
- extremo oeste baiano;
- sul goiano;
- sudoeste de Mato Grosso do Sul e nordeste mato-grossense; e
- norte mato-grossense.

11. O teste do coeficiente de correlação de Spearman, para as duas séries, indicou a presença de tendência temporal. Quando calculadas de acordo com o procedimento linear, ambas se mostraram estatisticamente significativas em 1%.

FIGURA 1

Dendograma para as mesorregiões selecionadas



Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Além disso, se  $k = 12$ , o método aglomerativo não hierárquico *k-means* pode também ser aplicado. Dessa forma, é possível comparar os resultados obtidos com base nos dois métodos. O quadro 1 exibe os resultados do método hierárquico (*cluster*) aglomerativo da ligação única e do método aglomerativo não hierárquico *k-means* quando  $k = 12$ , em linha com o apresentado na figura 1.

## TEXTO para DISCUSSÃO

### QUADRO 1

Grupamentos de mesorregiões, conforme os métodos aglomerativos hierárquico e não hierárquico *k-means*

Hierárquico ( <i>cluster</i> )		<i>K-means</i> (não hierárquico)	
Mesorregião	Grupo	Mesorregião	Grupo
Norte mato-grossense	1	Sul amazonense	1
Nordeste mato-grossense	2	Centro amazonense	1
Sudoeste de Mato Grosso do Sul	3	Oriental de Tocantins	2
Sul goiano	4	Nordeste mato-grossense	3
Extremo oeste baiano	5	Sudoeste de Mato Grosso do Sul	3
Sul maranhense	6	Norte mato-grossense	4
Sudoeste piauiense	7	Sul maranhense	5
Oriental do Tocantins	8	Sudoeste piauiense	5
Leste goiano	8	Norte do Amapá	6
São José do Rio Preto	8	Sul do Amapá	6
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	8	Distrito Federal	6
Sudeste mato-grossense	8	Extremo oeste baiano	7
Itapetininga	9	Sul goiano	8
Sudoeste rio-grandense	9	Noroeste goiano	9
Ocidental do Tocantins	10	Centro-sul mato-grossense	9
Centro-norte de Mato Grosso do Sul	10	Norte goiano	9
Presidente Prudente	10	Marília	9
Araçatuba	11	Sudoeste mato-grossense	9
Noroeste paranaense	11	Ocidental do Tocantins	10
Centro-ocidental rio-grandense	11	Centro-norte de Mato Grosso do Sul	10
Noroeste de Minas Gerais	11	Araçatuba	10
Norte do Amapá	12	Presidente Prudente	10
Sul do Amapá	12	Noroeste paranaense	10
Noroeste goiano	12	Noroeste de Minas Gerais	10
Centro-sul mato-grossense	12	Centro-ocidental rio-grandense	11
Norte goiano	12	Itapetininga	11
Marília	12	Sudoeste rio-grandense	11
Sudoeste mato-grossense	12	Leste goiano	12
Distrito Federal	12	São José do Rio Preto	12
Sul amazonense	12	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	12
Centro amazonense	12	Sudeste mato-grossense	12

Fonte: IBGE (2021).  
Elaboração do autor.



Os resultados do quadro 1 nos permitem discutir ao menos quatro pontos. Primeiramente, conforme o procedimento hierárquico, dez mesorregiões pertencem ao mesmo grupamento (*cluster* 12), contemplando um grupo de áreas não contíguas no território brasileiro. Ainda de acordo com o procedimento hierárquico, sete mesorregiões são *clusters* por si mesmas, ou seja, o norte mato-grossense, o nordeste mato-grossense, o sudoeste de Mato Grosso do Sul, o sul goiano, o extremo oeste baiano, o sul maranhense e o sudoeste piauiense.

A maior parte dessas últimas áreas localiza-se nas margens da região amazônica. Levando-se em conta os aspectos de meio ambiente, algumas estratégias têm sido empregadas com vistas ao alcance de melhores resultados. Conforme Abman e Carney (2020), há evidências de que elevar a margem intensiva de produção diminui o desmatamento. Os autores avaliaram o caso vietnamita e concluíram que aumentos na produção das lavouras e investimentos associados à titularidade da terra são obtidos via margem intensiva.

Ademais, aspectos institucionais são fundamentais na administração desse processo de ocupação de áreas pela agricultura.<sup>12</sup> No caso brasileiro, a seriedade e precariedade de proteção das florestas públicas não delimitadas da Amazônia brasileira, a rápida conversão das florestas fora destas áreas e a elevada flexibilidade nas políticas de terras clamam pela introdução de alguma forma de conservação nestas áreas, com vistas a se evitarem danos irreparáveis à maior floresta tropical conhecida (Azevedo-Ramos *et al.*, 2020).

A questão primordial então é consolidar os direitos de propriedade nas áreas amazônicas, o que pode demandar ações simultâneas e específicas de política pública. Conforme Stabile *et al.* (2020), isso inclui prover assistência técnica de qualidade a pequenos produtores, o que pode ajudá-los a melhor alinhar suas práticas produtivas com oportunidades locais, elevar a renda do domicílio e proporcionar melhoria de vida, além de reduzir a pressão por desmatamento. Para esses autores, em grandes extensões como a Amazônia, por exemplo, os produtores menores ocupam ampla faixa de área e, em regra, carecem de assistência técnica, tecnologia e acesso a mercados. Nesse diapasão, tecnologias como rotação de culturas, *smart farming* e integração lavoura-pecuária-floresta também são bem-vindas para reduzir a degradação e o impacto sobre a floresta.

Como segundo ponto, as mesorregiões apresentaram-se mais regularmente distribuídas de acordo com o procedimento não hierárquico *k-means* do que com o procedimento hierárquico. Ademais, três mesorregiões são *clusters* por si mesmas, independentemente do método de grupamento,

---

12. Nos Estados Unidos, para se ter um caso de comparação, a política agrícola exerce papel substantivo sobre as áreas de cultivo, por meio do Programa de Reservas de Conservação (Hendricks e Er, 2018).

a saber, norte mato-grossense, extremo oeste baiano e sul goiano. Portanto, elas denotam dinâmicas específicas em termos da expansão de área agrícola para safras temporárias no Brasil.

Com relação ao terceiro ponto, para ambos os procedimentos aplicados, determinadas mesorregiões foram agrupadas conjuntamente. Foi o caso do leste goiano, São José do Rio Preto, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e sudeste mato-grossense; Itapetininga e sudoeste rio-grandense; ocidental do Tocantins, centro-norte de Mato Grosso do Sul e Presidente Prudente; Araçatuba, noroeste paranaense e noroeste de Minas Gerais; noroeste goiano, centro-sul mato-grossense, norte goiano, Marília e sudoeste mato-grossense; e norte do Amapá, sul do Amapá e Distrito Federal. Em muitos desses grupos, mesorregiões geograficamente distantes apresentaram tendências similares em suas participações na área agrícola para safras temporárias, no período avaliado.<sup>13</sup>

Por fim, o procedimento *k-means* pareceu ser mais apropriado, na medida em que captou, de forma mais marcante, as dissimilaridades entre as mesorregiões com base em suas tendências de expansão de área agrícola plantada. Além disso, deve-se registrar que espaços contíguos, como o sul e o norte do Amapá e o sul e o centro amazonenses, foram agregados nos mesmos grupamentos, segundo ambos os procedimentos empregados.

A título de verificação, os resultados trazidos pelo quadro 1 foram usados para checar se os *clusters* formados apresentavam médias distintas para suas tendências de participação na área plantada com safras temporárias. A tabela 6 reporta os resultados correspondentes. Desde que o valor crítico do teste *F* para o caso é de 3,36 em 1% de nível de significância, confirma-se que os *clusters* identificados apresentaram médias diferentes.

**TABELA 6**

**Resultados do teste *F* para os procedimentos aglomerativos**

Procedimento	Teste <i>F</i> <sup>1</sup>
Hierárquico ( <i>cluster</i> )	4.213,6
Não hierárquico ( <i>k-means</i> )	3.900,5

Fonte: IBGE (2021).

Elaboração do autor.

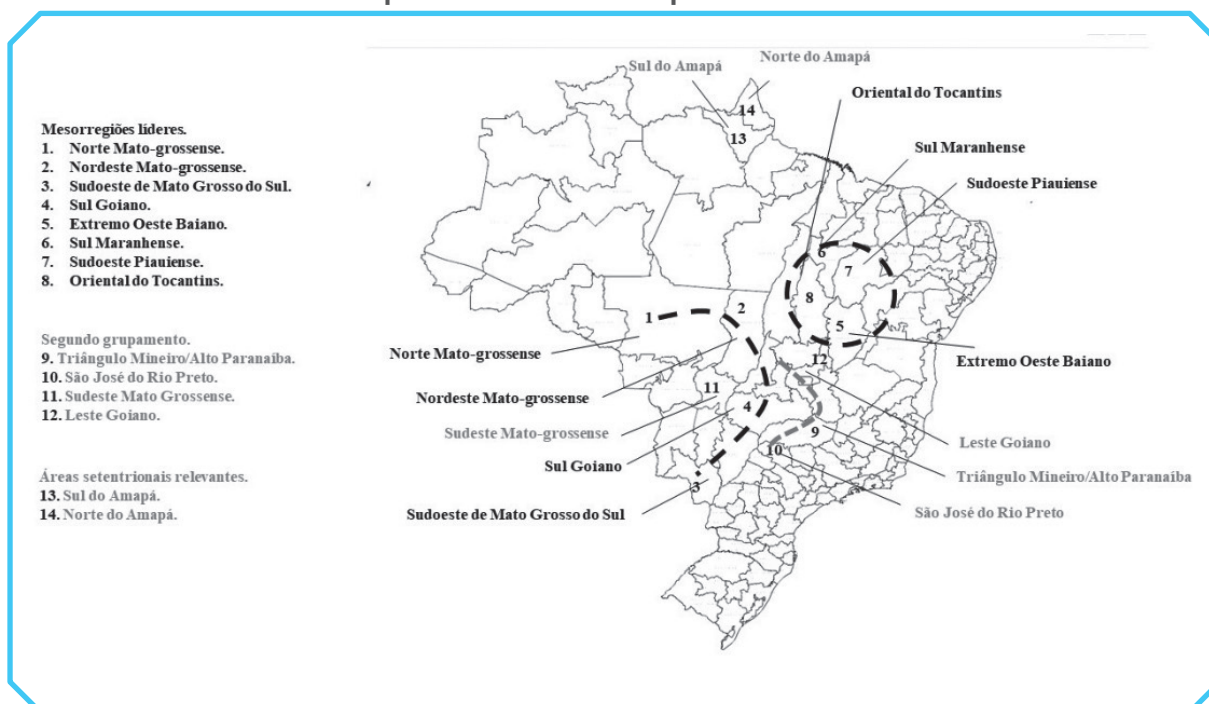
Nota: <sup>1</sup> Nível de significância de 1%.

13. Esse deve ser um ponto candidato para investigações ulteriores, mas é provável que a melhoria de canais ou capitais de infraestrutura naquelas mesorregiões seja fator de influência para tendências similares em expansão de área agrícola nelas.

Como síntese, a figura 2 destaca os principais resultados até aqui discutidos. Ela exhibe as principais mesorregiões destacadas com base na tabela 4 e no quadro 1, em termos de mesorregiões líderes, de um segundo grupo destacável, e de áreas setentrionais relevantes.

## FIGURA 2

### Áreas destacadas na expansão de safras temporárias no Brasil



Fonte: IBGE (2021).

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Saber quais áreas respondem pela fronteira agrícola brasileira é crucial, tanto para as ações de políticas públicas quanto para as decisões de infraestrutura logística. De igual forma, os atores privados ligados às cadeias de insumos agrícolas podem utilizar tal informação para modelar as respectivas estratégias locais de operação. Dessarte, este estudo dedicou-se a medir e mapear a expansão de área plantada pelas lavouras temporárias no Brasil no período recente, em nível das mesorregiões brasileiras.

As mesorregiões do Centro-Oeste exibiram os valores de tendência positiva mais elevados para suas participações na área agrícola brasileira em lavouras temporárias; mais especificamente, o norte mato-grossense norte (MT), o nordeste mato-grossense (MT), o sudoeste de Mato Grosso

**TEXTO para DISCUSSÃO**

do Sul (MS), e o sul goiano (GO). Simultaneamente, o extremo oeste baiano (BA), o sudoeste piauiense (PI) e o sul maranhense (MA) compõem um segundo grupo de mesorregiões a ser destacado. Estas sete mesorregiões contemplaram tendências positivas no intervalo [0,000425; 0,00438] e lideraram a expansão de área agrícola para lavouras temporárias.

A maior parte das áreas relevantes situa-se nas fronteiras da região amazônica, e algumas estratégias foram discutidas no intuito de se atingirem melhores resultados ambientais, a exemplo de incrementar-se a margem intensiva de produção e de se fortalecerem as condições institucionais (identificação das FPNP com fins de conservação) e a consolidação da propriedade das terras, para o aprimoramento da estrutura de controle e monitoramento das áreas de fronteira agrícola no país. Na mesma direção, prover assistência técnica de qualidade para os pequenos produtores. *Mutatis mutandis*, estas estratégias são igualmente bem-vindas em áreas de relativa menor disponibilidade hídrica dos cerrados e das regiões de fronteira agrícola do Matopiba.

Igualmente, as mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG), São José do Rio Preto (SP), sudeste mato-grossense (MT), leste goiano (GO), oriental do Tocantins (TO), Presidente Prudente (SP), centro-norte de Mato Grosso do Sul (MS) e ocidental de Tocantins (TO) devem ser citadas. Elas apresentaram tendências temporais positivas no intervalo [0,000230; 0,000367].

Posto que este último grupo se localiza mais próximo das regiões Sul e Sudeste, ele pode se beneficiar de melhores condições logísticas *vis-à-vis* as mesorregiões mais setentrionais dos estados do Matopiba. Acerca destes quatro estados, as mesorregiões correspondentes e aqui destacadas podem beneficiar-se da expansão e/ou consolidação de linhas férreas em andamento, a exemplo da integração das ferrovias Norte-Sul e Leste-Oeste.

O método não hierárquico *k-means* pareceu ser mais adequado, porque sua seleção de agrupamentos apresentou-se mais igualmente distribuída do que no método hierárquico (*cluster*). Ainda assim, conforme ambos os procedimentos, três mesorregiões foram identificadas como *clusters* por si mesmas: norte mato-grossense, extremo oeste baiano e sul goiano. Todas elas registraram taxa geométrica de crescimento anual da área plantada de 3,90% a 7,50% no período avaliado, valores substancialmente acima dos 2,0% registrados para o conjunto das mesorregiões brasileiras. Nesse sentido, elas apresentam dinâmica particular em termos da expansão de área agrícola segundo as safras temporárias.

Independentemente do procedimento de agrupamentos utilizado, diversas mesorregiões foram reunidas em um mesmo *cluster*. Em muitos destes casos, mesorregiões geograficamente distantes tiveram tendências similares para suas participações na expansão de área agrícola com lavouras temporárias no Brasil, o que representa uma questão e uma oportunidade para extensões deste estudo.

Além disso, desenvolvimentos posteriores podem explorar ao menos três outros pontos. Primeiramente, reproduzir o estudo para as safras permanentes e comparar os resultados com os aqui obtidos. Em segundo plano, sobrepor bases de dados de biomas e de infraestrutura com as mesorregiões líderes referidas anteriormente. E, por fim, aprofundar a análise (*top-down*) em nível de microrregiões ou de municípios naquelas mesorregiões aqui destacadas.

## REFERÊNCIAS

ABMAN, R.; CARNEY, C. Land rights, agricultural productivity, and deforestation. **Food Policy**, v. 94, p. 1-19, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3CDHibl>>.

ARAÚJO, H. F. P. *et al.* A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. **Land Use Policy**, v. 100, p. 1-11, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3e9Eb0Q>>.

ARAUJO, M. A. *et al.* Territorial analysis, development and technical assistance and rural extension for family farming. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 95, n. 2, p. 123-139, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3AYBFDF>>.

AWOKUSE, T. O.; XIE, R. Does agriculture really matter for economic growth in developing countries? **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 63, n. 1, p. 77-99, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3AWM1DO>>.

AZEVEDO-RAMOS, C. *et al.* Lawless land in no man's land: the undesignated public forests in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, p. 1-4, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3e1MZWp>>.

BARRETO, H.; HOWLAND, F. M. (Ed.). **Introductory econometrics**: using Monte Carlo simulation with Microsoft Excel. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2006.

BARROS, J. R. M. O Brasil e a agricultura mundial. **O Estado de S.Paulo**, São Paulo, Caderno economia, não paginado. 5 fev. 2012.

BRAITO, M. *et al.* The plurality of farmers' views on soil management calls for a policy mix. **Land Use Policy**, v. 99, p. 1-12, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3AZdbtC>>.

BRUINSMA, J. **The resource outlook to 2050**: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Rome: FAO, 2009.

CÂMARA, G. *et al.* **Modelling land use change in Brazil**: 2000-2050. São José dos Campos: Inpe, 2015.

CARLOS, S. de M.; CUNHA, D. A.; PIRES, M. V. Does knowledge about climate change imply adaptation? Analysis of farmers in Northeast Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 455-471, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3Q0ar3y>>.

CASTRO, C. N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CELIDONIO, O. L. de M.; WERNER, L. S.; GIL, J. D. B. The determinants of recent soybean expansion in Mato Grosso, Brazil. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, n. 2, p. 173-191, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3AYJp8H>>.

CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. **The World Bank Economic Review**, v. 10, n. 3, p. 487-512, 1996. Disponível em: <<https://bit.ly/3KtXVIx>>.

CONOVER, W. J. (Ed.). **Practical nonparametric statistics**. 2nd. ed. New Jersey: Wiley, 1999.

CROPPER, M.; PURI, J.; GRIFFITHS, C. Predicting the location of deforestation: the role of roads and protected areas in North Thailand. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 172-186, 2001. Disponível em: <<https://bit.ly/3KuhQqK>>.

DRIVER, H. E.; KROEBER, A. L. Quantitative expression of cultural relationships. **University of California Publications in American Archeology and Ethnology**, v. 31, n. 4, p. 211-256, 1932.

DUVEILLER, G. *et al.* Local biophysical effects of land use and land cover change: Towards an assessment tool for policy makers. **Land Use Policy**, v. 91, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3wHTTGV>>.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. (Org.). **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata**. Barueri: LTC, 2020.

FELTRAN-BARBIERI, R.; FÉRES, J. G. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 7, p. 1-15, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3AvnDI5>>.

FREITAS, R. E. Expansion of agricultural area in Brazil: soybeans versus corn *versus* cotton. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 19, n. 3, p. 219-232, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3AF72BQ>>.

FREITAS, R. E.; MENDONÇA, M. A. A.; LOPES, G. de O. Expansão de área agrícola no período 1994-2010. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 2, p. 30-47, 2013.



- GASQUES, J. G.; BOTELHO, F.; BASTOS, E. T. **Preço de terras e sua valorização**. Brasília: Mapa, 2015.
- GREENE, W. H. (Ed.). **Econometric analysis**. London: Pearson, 2017.
- GUILHERME, H. D.; VIDICA, B. Integration of tree crops and pastures: literature review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 26, p. 1091-1096, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3Q1zjbp>>.
- HENDRICKS, N. P.; ER, E. Changes in cropland area in the United States and the role of CRP. **Food Policy**, v. 75, p. 15-23, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3TpLgdD>>.
- HISSA, L. B. V. *et al.* Regrowing forests contribution to law compliance and carbon storage in private properties of the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 88, p. 1-10, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3pXsi0o>>.
- HONG, Y.; HEERINK, N.; WERF, W. van der. Farm size and smallholders' use of intercropping in Northwest China. **Land Use Policy**, v. 99, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3cznmfh>>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: tabela 1612 – área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias (Brasil e Mesorregião Geográfica). Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3Kuou0a>>.
- IGLESIAS, A.; QUIROGA, S.; DIZ, A. Looking into the future of agriculture in a changing climate. **European Review of Agricultural Economics**, v. 38, n. 3, p. 427-447, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3ATQ2Jb>>.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (Ed.). **Applied multivariate statistical analysis**. 6th. ed. London: Pearson, 2007.
- LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, p. 1-18, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3pSM2m3>>.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C. M. C. (Org.). **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.
- MUELLER, B. Property rights implications for the Brazilian Forest Code. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 329-346, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3AY17sH>>.
- PAŠAKARNIS, G. *et al.* Decision support framework to rank and prioritise the potential land areas for comprehensive land consolidation. **Land Use Policy**, v. 100, p. 1-11, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3Tq8G2G>>.

PEIXOTO, M. Assistência técnica e extensão rural: grandes deficiências ainda persistem. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea; IBGE, 2020. p. 323-338.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. **Assistência técnica na agricultura brasileira**: uma análise sobre a origem da orientação técnica por meio do Censo Agropecuário de 2017. Rio de Janeiro: Ipea, out. 2021. (Texto para Discussão, n. 2704).

\_\_\_\_\_. **Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural**. Rio de Janeiro: Ipea, maio 2022. (Texto para Discussão, n. 2765).

PIVOTO, D. *et al.* Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, n. 4, p. 571-588, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3wlCcae>>.

SILVA, J. M. C. *et al.* Funding deficits of protected areas in Brazil. **Land Use Policy**, v. 100, p. 1-6, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3Rn6MxO>>.

SOKAL, R. R.; SNEATH, P. H. A. (Ed.). **Principles of numerical taxonomy**. [s.l.]: W. H. Freeman and Company, 1963.

STABILE, M. C. C. *et al.* Solving Brazil's land use puzzle: increasing production and slowing Amazon deforestation. **Land Use Policy**, v. 91, p. 1-6, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3wH5lgj>>.

STEGE, A. L.; BACHA, C. J. C. Clusters espaciais de "agriculturalização" no meio rural de alguns estados brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, p. 1-24, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3e7VzTn>>.

UN – UNITED NATIONS. **World population prospects 2019**. New York: ONU, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3CF8wyv>>.

ZUBIN, J. A. Technique for measuring mindedness. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**, v. 33, n. 4, p. 508-516, 1938a.

\_\_\_\_\_. Socio-biological types and methods for their isolation. **Psychiatry: Journal for the Study of Interpersonal Processes**, v. 2, p. 237-247, 1938b.

# Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## EDITORIAL

### **Chefe do Editorial**

Aeromilson Trajano de Mesquita

### **Assistentes da Chefia**

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

### **Supervisão**

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

### **Revisão**

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques

Ana Clara Escórcio Xavier

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

### **Editoração**

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Danilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

### **Capa**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

### **Projeto Gráfico**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese  
published herein have not been proofread.*

## **Missão do Ipea**

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

