

Título do capítulo	CAPÍTULO 28 – ATRIBUTOS DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS QUE CONDICIONAM A ADOÇÃO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO
Autores(as)	Felippe Cauê Serigati Roberta Cristina Possamai Angelo Costa Gurgel
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0/cap28

Título do livro	UMA JORNADA PELOS CONTRASTES DO BRASIL: CEM ANOS DO CENSO AGROPECUÁRIO
Organizadores(as)	José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho José Garcia Gasques
Volume	-
Série	-
Cidade	Brasília
Editora	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
Ano	2020
Edição	-
ISBN	978-65-5635-011-0
DOI	http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-011-0

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2020

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.

ATRIBUTOS DOS ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS QUE CONDICIONAM A ADOÇÃO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Felippe Cauê Serigati¹
Roberta Cristina Possamai²
Angelo Costa Gurgel³

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Plantio Direto (SPD), de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa (Brasil, 2012, p. 100), consiste em um complexo de processos tecnológicos destinados à exploração de sistemas agrícolas produtivos, compreendendo mobilização de solos apenas na linha ou cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo, diversificação de espécies e minimização ou supressão do intervalo entre colheita e semeadura.

O SPD é, portanto, um conjunto de tecnologias que gera uma série de benefícios para o produtor, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Nesse sentido, ainda de acordo com o Mapa (Brasil, 2012, p. 100), o SPD deve estar associado à agricultura conservacionista, de forma a contribuir para a conservação do solo e da água, o aumento da eficiência da adubação, o incremento do conteúdo de matéria orgânica do solo, o aumento na relação benefício/custo, a redução do consumo de energia fóssil e do uso de agrotóxicos, a mitigação da emissão dos gases do efeito estufa (GEE) e a contribuição para o aumento da resiliência do solo.

Os dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 sugerem que, de modo geral, aumentou a adoção do plantio direto no Brasil, principalmente quando se consideram os estados mais relevantes para o universo agropecuário, conforme será apresentado na seção 2 deste capítulo. Diante dessa constatação, procura-se responder a duas questões, a partir da análise dos dados.

- 1) Quais são os principais atributos dos estabelecimentos agropecuários associados à adoção do plantio direto?
- 2) Quais são os principais atributos dos estabelecimentos agropecuários associados à evolução observada no período censitário de 2006 a 2017?

Para responder a essas questões, a análise está organizada em, além desta introdução, cinco seções. A primeira seção tem como objetivo analisar os dados referentes à adoção do plantio direto de 2006 e de 2017, considerando o Brasil e as Unidades da Federação (UFs). Na segunda seção, foi realizada uma breve revisão bibliográfica sobre os benefícios da adoção do plantio direto bem como sobre os principais fatores que afetam a adoção dessa tecnologia. Na terceira seção, apresenta-se a estratégia empírica de estudo, evidenciando a metodologia, as variáveis e os testes econométricos. A quarta seção destina-se à discussão dos resultados. E na quinta seção, têm-se as considerações finais.

2 A ADOÇÃO DO SPD

2.1 Brasil

De acordo com os Censos Agropecuários 2006 e 2017, a adoção do SPD no Brasil se expandiu nesse período. Em termos de área total com plantio direto, passou de 17,9 milhões para 33,1 milhões de hectares, um crescimento de 84,9%. Em termos de números de estabelecimentos, a expansão foi mais tímida, porém também significativa: 9,2% (passando de 506,7 mil para 553,4 mil estabelecimentos).

1. Professor da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (EESP/FGV), pesquisador do Centro de Agronegócios da FGV (FGVAgro) e coordenador do Mestrado Profissional em Agronegócio (MPAgro) da FGV. *E-mail*: <felippeserigati@gmail.com>.

2. Pesquisadora do FGVAgro. *E-mail*: <roberta.possamai@gyvmail.br>.

3. Pesquisador do Massachusetts Institute of Technology (MIT) e professor do MPAgro/FGV. *E-mail*: <gurgel@mit.edu>.

Esse crescimento da adoção da tecnologia poderia ser uma consequência natural do aumento da área total e do número total de estabelecimentos agropecuários no país como um todo. Contudo, entre 2006 e 2017, a área total cresceu apenas 5,3%, e o número de estabelecimentos agropecuários registrou contração de 3,5%. Já a área com plantio direto como proporção da área total aumentou de 5,4%, em 2006, para 9,4%, em 2017 (aumento de 4,1 pontos percentuais – p.p.). Por sua vez, a proporção de estabelecimentos que adotaram o SPD em relação ao número total de estabelecimentos aumentou 1,3 p.p., passando de 9,8%, em 2006, para 11,1%, em 2017 (tabela 1).

TABELA 1
Sistema de plantio direto: número do Brasil – 2006 versus 2017

Variável	Censo		Variação
	2006	2017	
Área total com plantio direto (mi ha)	17,9	33,1	84,9%
Estabelecimentos que adotaram plantio direto (mil)	506,7	553,4	9,2%
Área total (mi ha)	333,7	351,3	5,3%
Estabelecimentos (mil)	5.175,6	4.996,3	-3,5%
Área com plantio direto como proporção da área total (%)	5,4	9,4	4,1 p.p.
Estabelecimentos que adotaram plantio direto como proporção do número total de estabelecimentos (%)	9,8	11,1	1,3 p.p.

Fonte: IBGE (2006; 2017).
Elaboração dos autores.

2.2 UFs

Entre 2006 e 2017, percebe-se uma expansão da utilização do SPD em praticamente todos os estados brasileiros, tanto em termos de área (em hectare) quanto no número de estabelecimentos.

A figura 1 evidencia, por UF, se a proporção da área total e do número de estabelecimentos com plantio direto aumentou, em pontos percentuais, entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017. Observa-se, principalmente, expansão no Centro-Oeste, Sul e Sudeste e nos estados da Bahia, de Tocantins, do Maranhão, do Piauí, do Ceará e do Rio Grande do Norte. As UFs que registraram uma ligeira queda da proporção da área total com plantio direto foram: Amazonas, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Contudo, com exceção do estado do Amazonas, todas as demais UFs que registraram contração na proporção da área com plantio direto apresentaram queda da área total dos estabelecimentos agropecuários. Além disso, os estados que apresentaram contração na proporção da área com plantio direto entre os dois censos possuem baixa participação na produção agropecuária brasileira.

Em relação à proporção do número de estabelecimentos com plantio direto, observa-se, principalmente, expansão no Centro-Oeste, Sul e Sudeste e nos estados de Tocantins, do Maranhão, do Rio Grande do Norte, da Paraíba e de Pernambuco. Por sua vez, os estados que registraram queda da proporção do número de estabelecimentos com plantio direto entre os dois Censos Agropecuários foram: Acre, Rondônia, Piauí, Ceará, Alagoas, Sergipe e Bahia. No entanto, com exceção dos estados do Acre e de Rondônia, que tiveram expansão no número total de estabelecimentos no período, os demais apresentaram contração no período.

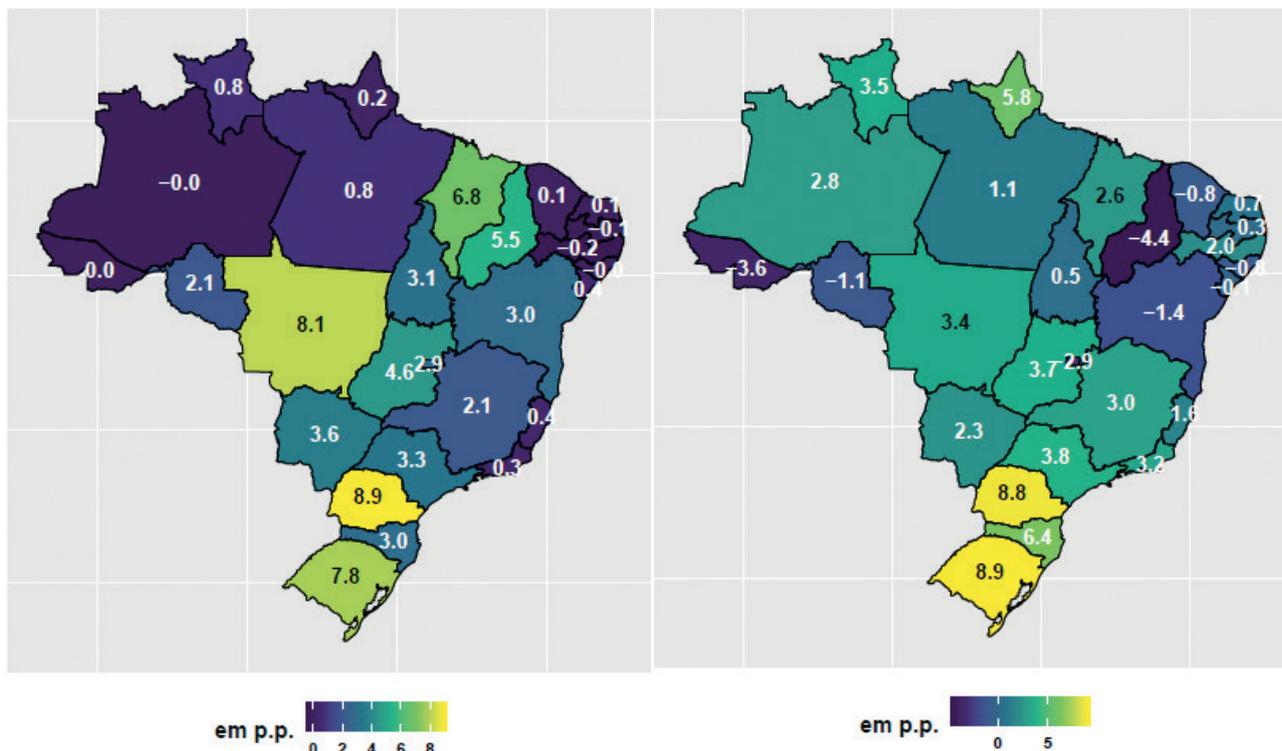
Portanto, constata-se que, de modo geral, aumentou a adoção do plantio direto no Brasil, principalmente quando se consideram os estados mais relevantes para o universo agropecuário, tanto em termos de proporção da área total quanto em proporção do número de estabelecimentos. Diante dessa constatação, utilizam-se os dados censitários para investigar os principais atributos dos estabelecimentos agropecuários associados à adoção do plantio direto e à evolução observada no período.

FIGURA 1

Diferença da área com plantio direto como proporção da área total e do número de estabelecimentos com plantio direto como proporção do número total de estabelecimentos entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017 por UF (Em p.p.)

1A – Área com SPD

1B – Estabelecimentos com SPD



Fonte: IBGE (2006; 2017).

Elaboração dos autores.

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

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E HIPÓTESES

Realizou-se uma revisão bibliográfica que, além de conceituar o termo plantio direto e apresentar os principais benefícios de sua adoção, traz as principais variáveis que podem afetar a adoção do SPD em uma região.

O moderno setor agropecuário, além de incorporar novos conhecimentos e insumos produtivos, é capaz de gerir de forma eficiente o conhecimento tácito e específico das tecnologias. A inovação em gestão e na combinação dos insumos modernos é central nesse processo. Conforme Vieira Filho e Silveira (2016, p. 624), “o produtor investe no intuito de aumentar o aprendizado e a capacidade de absorção de conhecimento”. As fontes externas de conhecimento elevam a produtividade agrícola, seja por acumulação de conhecimento e por aprendizado local (experiência e adaptação), seja por efeitos de transbordamentos (rede de aprendizado). A incorporação do SPD foi um exemplo de aprendizado localizado na produção brasileira.

O plantio direto, segundo Fidelis *et al.* (2003), constitui-se em um sistema de implantação de culturas em solo não revolvido e protegido por cobertura morta, proveniente de restos de culturas, coberturas vegetais semeadas para esse fim e de plantas daninhas controladas por métodos químicos combinados. No mesmo sentido, para Manzatto *et al.* (2019, p. 26), o SPD representa uma técnica de cultivo conservacionista baseada no plantio de culturas sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem, na presença de cobertura morta ou palhada e na rotação de cultivos.

Diante disso, de acordo com Silva e Teixeira (2002), a tecnologia de plantio direto favorece um ambiente de desenvolvimento sustentável para a agricultura, fazendo que a exploração da terra esteja em equilíbrio com a natureza. Isso porque, segundo os autores, essa tecnologia, por não ter revolvimento da terra, reduz a interferência na estrutura física e biológica do solo, na medida em que mantém uma cobertura morta de resíduos e o solo torna-se menos suscetível à erosão.

Para Motter e Almeida (2015), o SPD é uma tecnologia que não degrada o solo, mantém a qualidade da terra para os futuros plantios, ajusta-se a qualquer bioma e garante chance de introduzir novas culturas na mesma área, num processo rotativo de plantio usado para conservar a saúde e a fertilidade da terra, abrindo caminhos para o agricultor diversificar sua produção na mesma área cultivada.

No entanto, para que a adoção do plantio direto tenha sucesso, é necessário que, de acordo com Derpsch (2008), os agricultores tenham conhecimento adequado, para garantir que todos os aspectos da tecnologia estão sendo considerados. Ainda segundo o autor, a causa mais comum de falha na adoção do plantio direto é a falta de informação do agricultor ao começar a adotar a tecnologia.

Além de conhecimento, outros fatores são determinantes para que a adoção da tecnologia seja realizada. Diante disso, o estudo de Silva e Teixeira (2002) teve como objetivo identificar os fatores que determinam a adoção da tecnologia de plantio direto pelos sojicultores, na microrregião sudoeste de Goiás. De acordo com os autores, pretendeu-se determinar a relevância do capital próprio, da lucratividade da cultura da soja e de treinamento na adoção do plantio direto. Para isso, Silva e Teixeira (2002) utilizaram o modelo *logit*, com a estimação realizada pelo método da máxima verossimilhança.

De acordo com Silva e Teixeira (2002), o modelo ajustado identificou seis variáveis estatisticamente significativas, com resultados compatíveis com o esperado (sinais coerentes): treinamento; área explorada com a cultura em hectares; produtividade média (em sacas por hectare); rentabilidade; investimento em máquinas e equipamentos adquiridos e proporção de capital próprio usado em relação ao crédito de custeio. Contudo, de acordo com o modelo ajustado pelos autores, as variáveis que não se apresentaram estatisticamente significativas foram: escolaridade; assistência técnica e crédito de investimento do Financiamento de Máquinas e Equipamentos (Finame).

No mesmo sentido do trabalho de Silva e Teixeira (2002), o trabalho de Hussain *et al.* (2010) teve como objetivo identificar e quantificar os fatores importantes relacionados à adoção do SPD por agricultores, mas, nesse caso, do Paquistão. Para isso, de acordo com os autores, foram utilizados dados de 2008/2009 de duas zonas de cultivo, sendo uma de arroz e trigo e outra de algodão e trigo, e foi utilizado o modelo *logit*.

De acordo com Hussain *et al.* (2010), os resultados do estudo revelaram que os fatores que mais influenciam a adoção do plantio direto são: idade, educação e presença ou não de águas subterrâneas para irrigação do campo. Assim, de acordo com Hussain *et al.* (2010), os resultados indicaram que, à medida que a educação dos agricultores aumenta, a adoção do plantio direto também aumenta. Além disso, segundo os autores, se a idade do agricultor for inferior a 35 anos, existe mais chances de o agricultor adotar a tecnologia. Por fim, os resultados indicaram que os estabelecimentos agrícolas onde a água subterrânea não era adequada para a irrigação tem um vasto potencial para a adoção do plantio direto.

Por sua vez, o artigo de Souza Filho *et al.* (2011) teve como objetivo, por meio da revisão de literatura sistematizada, discutir os principais fatores condicionantes no processo de adoção e difusão de inovações tecnológicas na agricultura. De acordo com Souza Filho *et al.* (2011), tanto as razões econômicas como as não econômicas afetam a decisão de adotar inovações por parte dos produtores rurais. Para os autores, muitos determinantes não são controlados pelos produtores, em particular os arranjos institucionais, que são determinados pelas políticas públicas, tais como condições de acesso a crédito, educação, extensão rural e o comportamento dos preços. Além disso, de acordo com Souza Filho *et al.* (2011), o efeito de diferentes variáveis no processo de adoção e difusão depende do contexto geral no qual a inovação é introduzida, sendo que, por exemplo, o entorno econômico (proximidade de grandes mercados consumidores, agroindústrias etc.) pode ter caráter fortemente determinante.

O estudo de Han, Siddique e Li (2018) teve como objetivo definir os fatores que determinam a adoção de práticas agrícolas de conservação do solo, tais como o plantio direto. Para isso, foi realizada uma pesquisa com 385 famílias de agricultores em Loess Plateau, na China, e foi utilizada uma regressão logística binária.

Entre os resultados do estudo de Han, Siddique e Li (2018), tem-se que: *i*) agricultores com mais terras usadas para o cultivo de trigo no inverno foram os mais dispostos a adotar a tecnologia; *ii*) agricultores que moravam mais longe do mercado agrícola foram mais propícios a adotar a agricultura conservacionista; *iii*) o treinamento governamental pode promover fortemente a adoção da tecnologia; e *iv*) agricultores com mais terras agrícolas estavam menos dispostos a adotar a prática conservacionista em relação àqueles que tinham fazendas menores. Por fim, para

Han, Siddique e Li (2018), os agricultores, de modo geral, pensam que a tecnologia da lavoura de conservação é muito complexa e exige muito conhecimento para aprender e implementar.

Outros estudos internacionais também apontam fatores relevantes para adoção do plantio direto, como a assistência técnica e a dotação de recursos (Sheikh, Rehman e Yates, 2003), características pessoais dos agricultores e do seu empreendimento agrícola (Bultena e Hoiberg, 1983), condições climáticas adversas (Ding, Schoengold e Tadesse, 2009) e aversão ao risco por parte dos agricultores (Helms, Bailey e Glover, 1987).

A partir dos diferentes estudos revisados, buscou-se levantar quais atributos poderiam ser testados no modelo de pseudopainel com os dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017. As variáveis que serão testadas neste trabalho e suas respectivas *proxies* e hipóteses estão no quadro 1. Esses atributos e *proxies* foram escolhidos por conta da sua disponibilidade de informações.

QUADRO 1
Atributos, *proxies* e hipóteses que serão testados no modelo de pseudopainel

Atributo	<i>Proxies</i>	Hipótese
Tamanho do estabelecimento	Área total dos estabelecimentos agropecuários (hectare).	$\beta > 0$: quanto maior a área média dos estabelecimentos, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Financiamento	Número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram financiamento.	$\beta > 0$: quanto maior o acesso a financiamento, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Investimento/disponibilidade de Insumos	a) Número de estabelecimentos agropecuários com tratores; b) Área total dos estabelecimentos agropecuários que utilizaram calcário e outros corretivos do pH do solo; c) Número de estabelecimentos agropecuários que utilizaram defensivos agrícolas	$\beta > 0$: quanto maior o investimento e/ou a disponibilidade de insumos, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Capital humano	a) Número de estabelecimentos agropecuários que receberam orientação técnica; e b) Número de estabelecimentos agropecuários nos quais o dirigente tem, no mínimo, ensino fundamental completo.	$\beta > 0$: quanto maior o capital humano, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Condição do produtor em relação às terras	a) Número de estabelecimentos nos quais o produtor é arrendatário ou parceiro da terra; e b) Número de estabelecimentos nos quais o produtor é proprietário da terra.	Se proprietário, $\beta > 0$: quanto maior a proporção de proprietários da terra, em uma determinada microrregião, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos que vai adotar a tecnologia. Se arrendatário ou parceiro, $\beta < 0$: quanto maior a proporção de arrendatários ou parceiros da terra, em uma determinada microrregião, menor tende a ser a proporção de estabelecimentos que vai adotar a tecnologia.
Capital social	Número de estabelecimentos nos quais o produtor é associado à cooperativa e/ou entidade de classe.	$\beta > 0$: quanto maior a proporção de estabelecimentos associados a cooperativas, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Demais características dos produtores	Numero de estabelecimentos segundo classe de idade da pessoa que dirige o estabelecimento.	Idade: $\beta < 0$ – quanto menor a idade média do produtor, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia. Experiência: $\beta > 0$ – quanto maior a experiência do produtor na atividade, maior tende a ser a proporção de estabelecimentos, em uma dada microrregião, que vai adotar a tecnologia.
Tipo de lavoura	Número de estabelecimentos nos quais a terra é utilizada com lavouras temporárias nas microrregiões.	Hipótese não encontrada na literatura levantada.
Gênero do produtor	Número de estabelecimentos nos quais o produtor é do sexo masculino nas microrregiões.	Hipótese não encontrada na literatura levantada.
Agricultura familiar	Número de estabelecimentos classificados como agricultura familiar nas microrregiões.	Hipótese não encontrada na literatura levantada.

Elaboração dos autores.

4 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

4.1 Metodologia

Os Censos Agropecuários disponibilizam informações para municípios, microrregiões (ou regiões geográficas imediatas, no caso do Censo Agropecuário 2017), mesorregiões (ou regiões geográficas intermediárias) e UFs. Para a escolha de qual seria a unidade de análise, um *trade-off* entre graus de liberdade e correlação cruzada ficou evidente.

Ou seja, se os municípios fossem escolhidos como unidade de análise, o modelo teria mais graus de liberdade e os dados teriam mais heterogeneidade, contudo o problema de correlação cruzada seria, provavelmente, maior (isto é, a probabilidade de o que ocorre com um município estar correlacionado com o que acontece nos municípios vizinhos seria maior). De forma alternativa, se fossem escolhidas as UFs como unidades de análise, o modelo perderia graus de liberdade, porém teria menor problema de correlação cruzada. Diante disso, as unidades de análise escolhidas foram as microrregiões (áreas maiores que municípios, mas menores que mesorregiões e UFs).

Todavia, antes de prosseguir, é importante ressaltar que, em 2017, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) substituiu as microrregiões⁴ pelas chamadas regiões geográficas imediatas.⁵ Dessa forma, para que os dados do Censo Agropecuário 2006 (que estão disponibilizados para microrregiões) sejam comparáveis aos do Censo Agropecuário 2017 (que estão apresentados para regiões geográficas imediatas), foi necessário realizar uma compatibilização entre as duas pesquisas. Para isso, nos dados do Censo Agropecuário 2017, foi preciso, por meio das estatísticas dos municípios, reconstruir as microrregiões comparáveis ao Censo Agropecuário 2006.

Além disso, para analisar os dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017, foi utilizado um modelo de pseudopainel, que é uma derivação do modelo de painel tradicional. Por construção, as microrregiões consideradas nos dois censos são as mesmas. Não foi necessário utilizar testes para defini-las, uma vez que já estavam presentes no Censo Agropecuário 2006. Segundo Wooldridge (2006), um conjunto de dados de painel consiste em uma série de tempo para cada membro do corte transversal, ou seja, é um conjunto de dados que possui, além da dimensão temporal, uma dimensão do corte transversal. No entanto, de acordo com Wooldridge (2006), a característica essencial dos dados de painel é o fato de que as mesmas unidades do corte transversal (indivíduos, municípios, empresas etc.) são acompanhadas ao longo de um determinado período.

No entanto, segundo Verbeek (1992), enquanto painéis são aplicados quando é possível observar os atributos de indivíduos ao longo do tempo (no caso do Censo Agropecuário, seriam justamente os estabelecimentos agropecuários), pseudopainéis são utilizados com as unidades de observação das coortes que agregam esses indivíduos por alguma característica comum (no caso deste capítulo, sua localização por meio das microrregiões). Enquanto os dados utilizados em modelos de painéis se referem especificamente a cada indivíduo, os dados utilizados em um pseudopainel estão associados a agregações como, por exemplo, médias e proporções desses indivíduos dentro de uma mesma coorte. É importante destacar que, enquanto em um painel toda a variação nos atributos de um indivíduo é captada pelos dados (por exemplo, a redução da área plantada de um estabelecimento agropecuário), em um pseudopainel não se consegue captar as variações de um indivíduo que são compensadas pelas variações dos outros indivíduos (por exemplo, se a redução da área plantada de um estabelecimento agropecuário for compensada pela expansão da área plantada em outros estabelecimentos).

Por utilizar as microrregiões como unidade de análise, não é possível, portanto, utilizar um modelo de painel tradicional, mas se pode usar um modelo de pseudopainel. Assim, fez-se uso de um pseudopainel balanceado (por construção, uma vez que, originalmente, os dados do Censo Agropecuário 2017 não estão organizados por microrregião), com 1.116 observações, sendo 558 observações de cada um dos Censos Agropecuários. Assim, foram estimados e comparados oito modelos que buscam explicar quais são os principais atributos para a adoção do plantio direto e quais atributos explicam o aumento da proporção de estabelecimentos que fazem uso dessa tecnologia entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017.

4.2 Variáveis

Nos modelos de pseudopainel, foram testadas as variáveis, conforme a seguir descritas.

- 1) *EstabPD* – proporção de estabelecimentos com plantio direto nas microrregiões.
- 2) *d2017* – *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017:
 - a) se o dado corresponde ao Censo Agropecuário 2017, $d2017 = 1$; e
 - b) se o dado corresponde ao Censo Agropecuário 2006, $d2017 = 0$.

4. Eram 558 microrregiões no Censo Agropecuário 2006.

5. No Censo Agropecuário 2017, estão disponibilizados dados para 510 regiões geográficas imediatas.

- 3) *Lav.* – proporção de estabelecimentos com produção de lavouras temporárias, nas microrregiões.
- 4) *Lav.17* – é a interação entre a variável *Lav.* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 5) *Assoc/Coop* – proporção de estabelecimentos em que o produtor é associado à cooperativa e/ou entidade de classe, nas microrregiões.
- 6) *Assoc/Coop 17* – é a interação entre a variável *Assoc/Coop* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 7) *Trator* – proporção de estabelecimentos com tratores, nas microrregiões.
- 8) *Trator17* – é a interação entre a variável *Trator* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 9) *Corretivos* – proporção de estabelecimentos que usou calcário e/ou outros corretivos do pH do solo, nas microrregiões.
- 10) *Corretivos17* – é a interação entre a variável *Corretivos* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 11) *Crédito* – proporção de estabelecimentos que obtiveram financiamento, nas microrregiões.
- 12) *Crédito17* – é a interação entre a variável *Crédito* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 13) *Orient.téc.* – proporção de estabelecimentos que receberam orientação técnica, nas microrregiões.
- 14) *Orient.téc.17* – é a interação entre a variável *Orient.téc.* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 15) *Propr.* – proporção de estabelecimentos onde o produtor é proprietário da terra nas microrregiões.
- 16) *Propr.17* – é a interação entre a variável *Propr.* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 17) *Parcl/Arrend* – proporção de estabelecimentos onde o produtor é parceiro ou arrendatário da terra nas microrregiões.
- 18) *Parcl/Arrend17* – é a interação entre a variável *Parcl/Arrend* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.
- 19) *Escol.* – proporção dos estabelecimentos onde o produtor tem, no mínimo, ensino fundamental completo.
- 20) *Escol.17* – é a interação entre a variável *Escol.* e a *dummy* referente ao Censo Agropecuário 2017.

4.3 Testes econométricos e escolha do modelo

Para os modelos estimados, foram realizados os seguintes testes: especificação, correlação, homocedasticidade e normalidade. Por meio dos testes de especificação, os modelos preferidos foram aqueles com estimador de efeitos fixos (*within*) sem o componente temporal, tal como evidencia a tabela 2. O resultado do teste de especificação faz sentido em preferir o estimador de efeitos fixos, já que características fixas das microrregiões (como localização, condições edafoclimáticas, entre outros) devem também explicar o uso de plantio direto, ou seja, devem estar correlacionadas com os demais regressores do modelo (o que causaria endogeneidade), então é natural que o modelo de efeitos fixos seja o mais indicado. Da mesma forma, também faz sentido não considerar o componente temporal, uma vez que foram utilizadas *dummies* no modelo para tentar capturar quais atributos explicam a variação do uso do plantio direto entre os dois Censos Agropecuários.

TABELA 2
Testes de especificação

Teste	Estatística	P-valor
<i>Pool versus</i> efeitos fixos (Ho: $\mu_i = \mu = 0$ e/ou $\lambda_i = \lambda = 0$)		
Individual	9,293	0,000
Temporal	21,079	0,000
Ambos	9,262	0,000
Efeitos aleatórios <i>versus</i> efeitos fixos (Ho: $\beta_{EA} = \beta_{EF}$)		
Teste de Hausman	226,183	0,000

Foram realizados também os testes de correlação serial e cruzada (tabela 3) e de heterocedasticidade e normalidade (tabela 4). Apesar de ainda ocorrer, os problemas de correlação serial e de heterocedasticidade foram reduzidos por meio da estimação com matriz robusta, sugerida por Arellano (1987). Além disso, a matriz robusta conseguiu controlar possíveis problemas de correlação cruzada. Todavia, os modelos ainda constam com problemas de endogeneidade, já que não é possível utilizar variáveis defasadas como instrumentos e problemas de *outliers* (indicado pelo teste de normalidade).

TABELA 3
Testes de correlação serial e cruzada

Teste	Estatística	P-valor
Testes de Wooldridge (2010) para componentes não observados ($H_0: \sigma^2\mu = \sigma^2\lambda = 0$)		
Individual	8,858	0,000
Temporal	1,374	0,170
Testes gerais de correlação serial (H_0 : sem correlação serial)		
Efeitos Fixos Curtos – Teste de Wooldridge (2010)	21,552	0,000
Testes de correlação cruzada (H_0 : sem correlação cruzada)		
Pesaran	1,869	0,062
LM escalonado de Breusch-Pagan para efeitos fixos (individual)	-0,250	0,803

Elaboração dos autores.

TABELA 4
Testes de homocedasticidade e normalidade

Teste	Estatística	P-valor
Testes de Breusch-Pagan (H_0 : resíduos homocedásticos)		
Efeitos fixos (individual)	285,151	0,000
Testes de Sapiro e Wilk (H_0 : resíduos com distribuição normal)		
Efeitos fixos (individual)	0,938	0,000

Elaboração dos autores.

5 RESULTADOS

A tabela 5 apresenta os resultados para os modelos estimados. Em todos os modelos testados, o R^2 se apresentou relativamente baixo. Contudo, é importante ressaltar que, conforme observa Wooldridge (2019, p. 216-7), o R^2 baixo (ou alto) nada diz a respeito das propriedades estatísticas do modelo; não causa (nem evita) estimadores viesados nem melhora (ou piora) a eficiência desses estimadores, nem garante (nem compromete) a exogeneidade dos regressores. Um R^2 baixo apenas sugere que é difícil prever com precisão resultados individuais sobre a variável dependente.

TABELA 5
Modelos estimados

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
Lav. Temporária	.112**	.112***	.112**	.112**	.119***	.109**	.117***	.116***
	-0,035	-0,033	-0,035	-0,035	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034
Lav. 17	0,02	.029	.030*	.029*	.027*	.033*	.027	.028*
	-0,017	-0,015	-0,014	-0,014	-0,013	-0,014	-0,014	-0,013
Assoc/Coop	.120***	.109***	.108***	.108***	.098***	.087**	.106***	.105***
	-0,032	-0,028	-0,028	-0,028	-0,024	-0,028	-0,024	-0,022
Assoc/Coop 17	-0,046	-0,035	-0,033	-0,033	-0,037	-0,007	-.041	-.040
	-0,029	-0,024	-0,024	-0,024	-0,023	-0,023	-0,023	-0,023
Trator	.140*	.138*	.143*	.141*	.162**	.159*	.189***	.187***
	-0,063	-0,063	-0,063	-0,063	-0,059	-0,062	-0,054	-0,055
Trator 17	0,05	0,037	0,041	0,049	.090**	0,052	.065***	.066***
	-0,037	-0,039	-0,038	-0,038	-0,029	-0,038	-0,019	-0,018
Corretivos	.113*	.123**	.127**	.136**	.110**	.122**	.105**	.108**
	-0,045	-0,047	-0,047	-0,043	-0,04	-0,045	-0,039	-0,04
Corretivos 17	0,011	0,017	0,019	-	-	-	-	-
	-0,027	-0,024	-0,024	-	-	-	-	-
Crédito	-0,022	-0,032	-0,028	-0,035	-0,071	-	-0,085	-0,083
	-0,061	-0,058	-0,059	-0,059	-0,052	-	-0,052	-0,052
Crédito 17	0,081	.116*	.113*	.110*	.180***	-	.189***	.190***
	-0,056	-0,05	-0,05	-0,05	-0,046	-	-0,046	-0,046
Orient. téc.	-0,034	-0,035	-0,033	-0,033	-	-0,035	-	-
	-0,066	-0,067	-0,066	-0,066	-	-0,063	-	-
Orient. téc. 17	.131*	.117*	.109	.117*	-	.147**	-	-
	-0,061	-0,057	-0,057	-0,055	-	-0,049	-	-
Propr.	0,026	0,041	-	-	-	-	-	-
	-0,03	-0,028	-	-	-	-	-	-
Propr. 17	0,027	-	-	-	-	-	-	-
	-0,019	-	-	-	-	-	-	-
Parc/Arrend	0,068	0,094	-	-	-	-	-	-
	-0,07	-0,066	-	-	-	-	-	-
Parc/Arrend 17	-0,048	-	-	-	-	-	-	-
	-0,063	-	-	-	-	-	-	-
Escol.	0,09	0,116	0,121	0,119	0,065	.152*	0,011	-
	-0,075	-0,078	-0,077	-0,077	-0,066	-0,075	-0,041	-
Escol. 17	-.137*	-.107*	-.106*	-.100*	-0,043	-.123**	-	-
	-0,066	-0,047	-0,047	-0,047	-0,036	-0,043	-	-
R ²	0,431	0,427	0,424	0,423	0,413	0,419	0,411	0,411
Adj. R ²	-0,174	-0,179	-0,181	-0,18	-0,197	-0,185	-0,198	-0,196
Observações	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, 'p < 0.1.

2. Variável dependente: EstabPD – Prop. estabelecimento com plantio direto.

Diante das diferentes especificações e testes realizados, o modelo 8 mostrou o melhor ajustamento. Considerando esse modelo, as próximas subseções interpretam os resultados evidenciados por ele.

5.1 Sobre os condicionantes do uso do plantio direto

O modelo escolhido pode ser representado pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{EstabPD}_{i,t} = & 0,116 \times \text{Lav}_{i,t} + 0,028 \times \text{Lav.17} + 0,105 \times \text{Assoc/Coop}_{i,t} \\ & - 0,040 \times \text{Assoc/Coop17} + 0,187 \times \text{Trator}_{i,t} + 0,066 \times \text{Trator17} \\ & + 0,108 \times \text{Corretivos}_{i,t} - 0,083 \times \text{Crédito}_{i,t} \\ & + 0,190 \times \text{Crédito17} \end{aligned}$$

em que:

- i = refere-se à microrregião; e
- t = refere-se ao Censo Agropecuário 2006 ou 2017.

Já controlando pelas características fixas individuais de cada microrregião, a proporção de estabelecimentos agropecuários que adotaram plantio direto, de acordo com o modelo 8, é maior quanto:

- maior é a proporção de lavoura temporária;
- maior o capital social (vinculado a alguma associação ou cooperativa);
- maior o acesso a insumos de produção (tratores e corretivos de pH do solo); e
- maior acesso a financiamento e orientação técnica. É importante destacar que essas variáveis, nos modelos estimados, entraram em conflito quando ambas apareciam simultaneamente no modelo. Contudo, isso é algo esperado, uma vez que, para o produtor receber o financiamento, ele tem de receber orientação técnica.

Ambas as variáveis são importantes, porém não é possível deixar as duas juntas no modelo. É válido ressaltar, além disso, que – com exceção do acesso a financiamento e orientação técnica – esses resultados são consistentes, não importando a especificação do modelo, ou seja, em todos os modelos testados essas variáveis demonstraram-se estatisticamente significantes.

Em contrapartida, controlado pelos demais regressores, no modelo 8, não foi captada a relação entre a adoção de plantio direto e:⁶

- a condição do produtor em relação às terras (proprietário, parceiro ou arrendatário);
- o uso de defensivos agrícolas;
- a agricultura familiar; e
- o gênero.

5.2 Sobre a evolução entre os Censos Agropecuários

Controlando pelas características fixas individuais de cada microrregião, o crescimento do plantio direto – entre os dois Censos Agropecuários – está associado:

- à maior proporção de lavoura temporária;
- ao maior acesso de insumos de produção (tratores); e
- ao maior acesso a crédito e assistência técnica.

6. A variável *Escolaridade* não foi incluída nos modelos. O número de produtores com, no mínimo, ensino fundamental completo se expandiu, entre os dois censos, mais de 101,2%. Esse crescimento expressivo chamou a atenção dos autores, talvez indicando possíveis problemas na variável. Por isso, os autores deste texto acharam conveniente não incluir essa variável nos modelos.

É válido ressaltar que, da mesma forma que as variáveis de acesso a crédito e de assistência técnica entraram em conflito ao tentar explicar a maior adoção proporcional do plantio direto, o mesmo fator ocorre ao buscar explicar o aumento do uso da tecnologia observado entre os dois Censos Agropecuários.

Em contrapartida, controlando pelos demais regressores, a evolução do plantio direto entre os dois Censos Agropecuários não parece estar associada:

- à condição do produtor em relação às terras (proprietário, parceiro ou arrendatário);
- à agricultura familiar;
- ao gênero;
- ao capital social, ou seja, ao vínculo a alguma associação ou cooperativa (na realidade, fraca correlação negativa); e
- ao uso de corretivos do pH do solo e defensivos agrícolas.

5.3 Considerações sobre as limitações da abordagem empírica

Como já foi observado, alguns problemas não foram corrigidos com as técnicas utilizadas. Um desses problemas é o da endogeneidade, que é quando uma das variáveis explicativas é determinada pela variável explicada no modelo.

Por exemplo, no modelo apresentado, a proporção de estabelecimentos agropecuários com trator é uma das variáveis que procuram explicar a proporção de estabelecimentos com plantio direto nas microrregiões. Contudo, o fato de o produtor ter um trator também pode ser explicado pelo fato de o estabelecimento desse produtor fazer uso do plantio direto, ou seja, o uso de trator pode ser explicado pelo uso do plantio direto. Logo, tem-se aqui um problema de endogeneidade.

Uma das formas de corrigir o problema de endogeneidade é fazer uso dos métodos de estimação que vão utilizar variáveis defasadas como instrumentos, tais como sugeridos por Arellano e Bond (1991), Blundell e Bond (1998) e Anderson e Hsiao (1981). Contudo, esses métodos não puderam ser aplicados neste estudo, uma vez que foram utilizados apenas dois períodos (Censo Agropecuário 2006 e Censo Agropecuário 2017), e precisaria de, pelo menos, três períodos, um em que a variável defasada em dois períodos ($t-2$) seria utilizada como instrumento.

Uma outra forma de corrigir o problema de endogeneidade seria utilizando os métodos clássicos de variáveis instrumentais. Certamente, seria possível encontrar variáveis instrumentais dentro do vasto banco de dados do Censo Agropecuário, no entanto, isso está além do escopo proposto por este estudo, mas pode ser uma sugestão para pesquisas futuras.

Outra questão que poderia ser melhorada em novos estudos é a da grande heterogeneidade entre as unidades geográficas, as microrregiões, utilizadas no modelo. As microrregiões poderiam ser agrupadas em grupos maiores, considerando atributos semelhantes em relação a outras microrregiões, utilizando o método de pareamento por escore de propensão (*propensity score matching* – PSM), tal como sugerido por Rosenbaum e Rubin (1983); Ho *et al.* (2007); e Ho *et al.* (2011).

Além disso, é válido ressaltar que a realização de uma revisão bibliográfica mais ampla, possivelmente, poderia indicar outras variáveis para explicar a adoção de plantio direto nas microrregiões. Ademais, no Censo Agropecuário, é possível encontrar outras *proxies* diferentes daquelas utilizadas nesse estudo para as variáveis que já foram indicadas na presente revisão bibliográfica. Portanto, outra sugestão de trabalho futuro é a aplicação de novas variáveis e *proxies* no método econométrico utilizado, uma vez que a oferta de variáveis disponibilizadas pelo Censo Agropecuário é bastante ampla.

Por fim, é importante salientar que esse exercício econométrico seria muito mais robusto se fosse possível trabalhar com o estabelecimento agropecuário como unidade de análise, em vez de sua localização geográfica, seja município, seja microrregião, seja mesorregião, seja qualquer outra agregação. Porém, isso está além dos dados atualmente disponibilizados pelo Censo Agropecuário.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve dois principais objetivos: *i*) evidenciar os principais atributos dos estabelecimentos agropecuários associados à adoção do plantio direto; e *ii*) revelar os principais atributos dos estabelecimentos agropecuários associados à evolução observada entre os Censos Agropecuários 2006 e 2017.

A partir desses objetivos, foi estimado um modelo de pseudopainel, considerando os dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017. Entre os principais resultados, foi encontrado que, controlando pelas características fixas individuais de cada microrregião, a proporção de estabelecimentos que adotaram a tecnologia é maior quanto maior a proporção de lavoura temporária; maior o vínculo a alguma associação ou cooperativa; e maior o acesso a insumos de produção, financiamento e orientação técnica. Além disso, a evolução da adoção do plantio direto entre os dois Censos Agropecuários está associada à maior proporção de lavouras temporárias; e ao maior acesso aos insumos de produção, crédito e assistência técnica.

Todavia, o modelo estimado pode ser melhorado em futuros trabalhos, na medida em que alguns problemas não foram corrigidos com as técnicas utilizadas, tais como tratar o problema da endogeneidade e o da grande heterogeneidade entre as microrregiões, além de utilizar o modelo de pseudopainel para testar novas variáveis e novas *proxies*, uma vez que a oferta de variáveis disponibilizadas pelo Censo Agropecuário é bastante ampla.

Ademais, é importante ressaltar que o SPD é uma prática produtiva sustentável incentivada pelo Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), criado em 2009. De acordo com Brasil (2012), o Plano ABC tem como objetivo a organização do planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias sustentáveis de produção selecionadas para responder aos compromissos assumidos pelo país na redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário.

Para o SPD, segundo Brasil (2012), foi definido o compromisso de adoção de 8,0 milhões de hectares e uma mitigação de 16 a 20 milhões de miligramas de CO₂ equivalente, até 2020. Entre 2010 e 2018, de acordo com Telles e Righetto (2019), o SPD atingiu 29,88% do que foi definido no plano em relação à mitigação de GEE (4,78 milhões de miligramas de CO₂ equivalente), e um aumento da área com a referida tecnologia de 9,55 milhões de hectares (119% da meta estipulada).

Por fim, embora não seja possível inferir causalidade no exercício realizado neste trabalho, dado o problema de endogeneidade, uma maneira de ampliar a adoção de plantio direto seria facilitar o acesso a crédito e disponibilizar maior assistência técnica aos produtores, uma vez que ambas as variáveis se mostraram importantes para explicar a adoção do plantio direto nas microrregiões.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, T. W.; HSIAO, C. Estimation of dynamic models with error components. **Journal of the American Statistical Association**, v. 76, p. 598-606, 1981.
- ARELLANO, M. Computing robust standard errors for within-groups estimators. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 49, n. 4, p. 431-434, Nov. 1987.
- ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, v. 58, p. 277-97, 1991.
- BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic Panel Data Models. **Journal of Econometrics**, v. 87, p. 115-43, 1998.
- BRASIL. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: Mapa; ACS, 2012.
- BULTENA, G. L.; HOIBERG, E. O. Factors affecting farmers' adoption of conservation tillage. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, n. 3, p. 281-284, 1983.
- DERPSCH, R. Critical steps to no-till adoption. In: Goddard, T. *et al.* (Eds.). **No till farming systems**. New York: World Association of Soil and Water Conservation, 2008. p. 479-495.

- DING, Y.; SCHOENGOLD, K.; TADESSE, T. The impact of weather extremes on agricultural production methods: does drought increase adoption of conservation tillage practices? **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 34, n. 3, p. 395-411, 2009.
- FIDELIS, R. R. *et al.* Alguns aspectos para do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, p. 23-31, jan./abr. 2003.
- HAN, Q.; SIDDIQUE, K. H. M.; LI, F. Adoption of conservation tillage on the semi-arid Loess Plateau of Northwest China. **Sustainability** (Switzerland), v. 10, n. 8, p. 1-16, 2018.
- HELMS, G. L.; BAILEY, D.; GLOVER, T. F. Government Programs and Adoption of Conservation Tillage Practices on Nonirrigated Wheat Farms. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 69, n. 4, p. 786-795, 1987.
- HO, D. E. *et al.* Matching as nonparametric preprocessing for reducing model dependence in parametric causal inference. **Political Analysis**, v. 15, n. 3, p. 199-236, 2007.
- HO, D. E. *et al.* MatchIt: nonparametric preprocessing for parametric causal inference. **Journal of Statistical Software**, v. 42, n. 8, p. 1-8, 2011.
- HUSSAIN, M. *et al.* Factors affecting the adoption of no-tillage crop production system. **Sarhad J. Agric.**, v. 2, n. 3, p. 409-412, 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- _____. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2T6V3rl>>. Acesso em: 4 out. 2020.
- MANZATTO, C. V. *et al.* Contribuição do plantio direto para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas. **Revista Agroanalysis**, dez. 2019.
- MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. (Coord.). **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 144 p.
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.
- SHEIKH, A. D.; REHMAN, T.; YATES, C. M. Logit models for identifying the factors that influence the uptake of new ‘no-tillage’ technologies by farmers in the rice–wheat and the cotton–wheat farming systems of Pakistan’s Punjab. **Agricultural Systems**, v. 75, n. 1, p. 79-95, 2003.
- SILVA, S. P.; TEIXEIRA, E. C. Determinantes da adoção da tecnologia “plantio direto” na cultura da soja em Goiás. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 305-326, 2002.
- SOUZA FILHO, H. M. *et al.* Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 223-255, jan-abr. 2011.
- TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da Agropecuária e Sustentabilidade ambiental. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. (Org.). **Diagnósticos e Desafios da Agricultura Brasileira**. Brasília: Ipea, 2019. p.89-113.
- VERBEEK, M. Pseudo Panel Data. *In*: MÁTYÁS L.; SEVESTRE, P. (Eds.) **The Econometrics of Panel Data**. Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics, v. 28, Springer, Dordrecht, 1992.
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: o paradoxo de Prebisch. **Revista Economia e Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 599-629, 2016.
- WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Thomson, 2006. 684 p.
- _____. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. Boston: Cengage Learning, 2019.
- _____. **Econometric Analysis of Cross-Section and Panel Data**. 2nd ed. Cambridge, EUA: MIT Press, 2010.

