

**Dinâmica da adoção do plantio direto e da agricultura conservacionista no Brasil:
evidências a partir de dados em painel**
*Dynamics of no-tillage and conservation agriculture adoption in Brazil: evidence from
panel data*

Tiago Santos Telles

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER e Universidade Estadual de
Londrina, Londrina, PR, Brazil.

Wander Plassa

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER e Universidade Estadual de
Londrina, Londrina, PR, Brazil.

Mary Arends-Kuenning

Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois Urbana
Champaign, 1301 West Gregory Drive, Urbana, IL, USA

GT13. Estudos Interdisciplinares no rural

Resumo: O plantio direto (PD) foi introduzido no Brasil no final da década de 1960 e consolidou o país como referência na Agricultura Conservacionista (AC). Este estudo analisa a expansão e os determinantes da adoção dessas práticas utilizando um painel balanceado de 558 microrregiões em 2006 e 2017, com dados dos Censos Agropecuários. Foram estimados modelos de efeitos fixos e aleatórios para quatro indicadores de adoção, com seleção baseada nos testes LM de Breusch-Pagan e Hausman e erros-padrão robustos. Os resultados indicam que a mecanização e a participação em cooperativas são determinantes relevantes tanto para o PD quanto para a AC, enquanto condições climáticas, como precipitação e temperatura, também influenciam sua adoção. Em contraste, fatores como estrutura fundiária e ausência de correção do solo apresentam associação negativa, especialmente nas medidas baseadas em área. Observa-se expansão significativa no período, porém com forte heterogeneidade regional. Os achados reforçam o papel de fatores tecnológicos, institucionais e ambientais na dinâmica de adoção.

Palavras-chave: conservação do solo e da água, sistema plantio direto, economia do meio ambiente.

Abstract: No-tillage (NT) was introduced in Brazil in the late 1960s and consolidated the country as a reference in Conservation Agriculture (CA). This study analyzes the expansion and determinants of the adoption of these practices using a balanced panel of 558 microregions in 2006 and 2017, based on Agricultural Census data. Fixed and random effects models were estimated for four adoption indicators, with model selection based on Breusch-Pagan LM and Hausman tests and robust standard errors. The results indicate that mechanization and participation in cooperatives are relevant determinants for both NT and CA, while climatic conditions, such as precipitation and temperature, also influence their adoption. In contrast, factors such as land tenure structure and the absence of soil correction practices are negatively associated with adoption, especially in area-based measures. A significant expansion is observed over the period, although with strong regional heterogeneity. The findings highlight the role of technological, institutional, and environmental factors in shaping adoption dynamics.

Keywords: soil and water conservation, no-tillage system, environmental economics.

1. Introdução

A adoção de práticas conservacionistas na agricultura brasileira tem sido fundamental para mitigar problemas históricos de erosão e degradação do solo, especialmente aqueles associados ao preparo convencional, caracterizado por intenso revolvimento do solo. O Plantio Direto (PD) foi introduzido no Brasil no final da década de 1960, inicialmente no estado do Paraná, como uma das soluções para resolver os problemas gerados pela erosão do solo,

baseado na eliminação de plantas daninhas por meio da aplicação de herbicidas e na mínima mobilização do solo para a semeadura, utilizando máquinas específicas para isso. Contudo, o PD evoluiu para uma abordagem mais sistemática e conservacionista quando, em 1976, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) desenvolveu o Sistema Plantio Direto (SPD), posteriormente denominado Agricultura Conservacionista (AC), estruturado em três pilares essenciais: mínimo revolvimento do solo, com mobilização restrita às linhas ou covas de semeadura; diversificação de espécies vegetais na rotação de culturas; e manutenção de cobertura permanente do solo (BARTZ et al., 2025). Apesar dos avanços, evidências indicam que a adoção do PD e da AC ocorre de forma heterogênea no território brasileiro, tanto em termos espaciais quanto entre com diferentes perfis produtivos, especialmente quanto ao nível de mecanização, acesso a crédito, assistência técnica e inserção em cooperativas.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar a dinâmica espacial da adoção do PD e da AC no Brasil, bem como identificar seus principais determinantes, utilizando dados em painel para microrregiões nos anos de 2006 e 2017.

2. Revisão da Literatura

A literatura aponta que o PD constitui uma das principais inovações tecnológicas voltadas à conservação do solo, sendo amplamente difundido no Brasil em função de seus benefícios econômicos e ambientais (KASSAM et al., 2009; BARTZ et al., 2025). Estudos indicam que a adoção dessas práticas está associada a fatores como acesso à tecnologia, capital físico, organização institucional e condições climáticas (FUENTES-LLANILLO et al., 2021). Em particular, a mecanização agrícola e a atuação de cooperativas desempenham papel relevante na difusão do PD.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de modelos de dados em painel tem se mostrado adequada para capturar a heterogeneidade não observada entre unidades espaciais (CAMERON; TRIVEDI, 2005), permitindo análises mais robustas sobre os determinantes da adoção de tecnologias.

3. Metodologia

A análise baseia-se em um painel balanceado de 558 microrregiões brasileiras, para os anos de 2006 e 2017, a partir de dados dos Censos Agropecuários (CA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram considerados quatro indicadores de adoção: (i) proporção da área de lavouras temporárias com PD; (ii) proporção da área com AC; (iii) proporção de estabelecimentos com PD; e (iv) proporção de estabelecimentos com AC.

As variáveis explicativas incluem características estruturais, tecnológicas, institucionais e climáticas, como mecanização (tratores), participação em cooperativas, acesso a crédito, uso de insumos, condições climáticas médias e características demográficas dos produtores.

Os modelos foram estimados utilizando técnicas de dados em painel, com ênfase em modelos de efeitos fixos, escolhidos com base nos testes de Breusch-Pagan LM e Hausman. A presença de heterocedasticidade e autocorrelação foi tratada por meio de erros-padrão robustos clusterizados.

4. Resultados

Inicialmente, observa-se uma expansão na adoção do PD e da AC no Brasil entre 2006 e 2017, tanto em termos de área quanto no número de estabelecimentos agropecuários. A proporção da área sob PD passou de 40,1% para 56,1%, enquanto, no caso da AC, aumentou de 24,3% para 44,9%. Esse crescimento, no entanto, ocorreu de forma heterogênea entre as regiões, concentrando-se nas regiões Sul e Centro-Oeste em função das condições produtivas mais favoráveis e do maior nível de adoção tecnológica.

Apesar do avanço expressivo do PD, a adoção da AC ainda permanece relativamente limitada, especialmente em termos de estabelecimentos, cuja participação passou de 7,2% para 9,7%. Esse resultado sugere que grande parte dos produtores adota parcialmente os princípios conservacionistas, o que pode restringir os benefícios ambientais e produtivos associados à conservação do solo e da água.

Os resultados indicam que a mecanização, medida pela proporção de estabelecimentos com tratores, é um dos principais determinantes da adoção. Os coeficientes são positivos e estatisticamente significativos em todas as especificações do modelo de efeitos fixos, variando de 0,42 a 0,88, indicando efeitos particularmente elevados nas medidas baseadas em área. Esse achado reforça a importância do capital físico para a implementação de práticas conservacionistas.

A participação em cooperativas também apresenta efeito positivo, sobretudo sobre a proporção de estabelecimentos com PD (0,10; $p < 0,01$), embora os resultados não sejam robustos para todas as especificações. Esse resultado evidencia o papel das instituições na difusão tecnológica.

Por outro lado, a variável “sem corretivos” (que indica a proporção de estabelecimentos que não utilizam práticas de correção do solo, como calagem e adubação corretiva) apresenta efeito negativo e significativo na adoção em área de PD (-0,28; $p < 0,01$), enquanto a variável “propriedade própria” apresenta coeficientes negativos nas medidas por estabelecimento (cerca

de -0,09), sugerindo que aspectos relacionados ao manejo do solo e à estrutura fundiária podem dificultar a adoção.

As variáveis climáticas também se mostram relevantes. A temperatura média apresenta efeito positivo e significativo na adoção de AC em área (0,06; $p < 0,01$), enquanto a precipitação apresenta coeficientes positivos, ainda que de pequena magnitude. Além disso, a *dummy* de 2017 é positiva e significativa na adoção de AC (0,07; $p < 0,05$), indicando expansão no período.

5. Considerações finais

O estudo evidencia que a adoção do PD e da AC no Brasil avançou entre 2006 e 2017, mas permanece marcada por forte heterogeneidade regional e estrutural. Os resultados indicam que a difusão do PD ocorreu de forma mais intensa nas regiões Sul e Centro-Oeste, refletindo a combinação de melhores condições produtivas e maior adoção tecnológica. Destaca-se, ainda, o papel central da mecanização, das instituições e das condições edafoclimáticas na determinação da adoção dessas práticas.

Do ponto de vista de políticas públicas, os achados sugerem a necessidade de estratégias que incentivem não apenas a expansão do PD, mas também a adoção integrada de práticas conservacionistas, especialmente em regiões com menor difusão tecnológica. Por fim, os resultados fornecem base empírica para avanços futuros, especialmente no uso de modelos espaciais, que permitam capturar efeitos de dependência espacial na difusão dessas tecnologias.

Referências

- BARTZ, M. L. C.; TELLES, T. S.; CASÃO JUNIOR, R.; FUENTES-LLANILLO, R.; RALISCH, R. No-tillage system: a genuine Brazilian technology that meets current global demands. *Advances in Agronomy*, v. 191, p. 115-146, 2025.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge university press, 2005.
- FUENTES-LLANILLO, R.; TELLES, T. S.; JUNIOR, D. S.; MELO, T. R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 208, 104877, 2021.
- KASSAM, A.; FRIEDRICH, T.; SHAXSON, F.; PRETTY, J. The spread of conservation agriculture: Justification, sustainability, and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 7 n. 4, p. 292-320, 2009.