



# Adoção de tecnologias em agricultura de precisão por produtores de soja em Goiás e Distrito Federal

## Adoption of agriculture precision technologies by soybean farmers in Goiás state and Federal District, Brazil

PINTO, Heverton E. [1](#); FERREIRA, Marcelo D. P. [2](#); TEIXEIRA, Sônia M. [3](#)

Recibido: 25/01/2017 • Aprobado: 07/03/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Referencial Teórico](#)
  - [3. Metodologia](#)
  - [4. Resultados e Discussões](#)
  - [5. Conclusões](#)
- [Referências](#)

#### RESUMO:

Este trabalho objetivou identificar os condicionantes da adoção de tecnologias em agricultura de precisão pelos produtores de soja em Goiás e Distrito Federal. Foram estimados modelos logit para explicar a adoção das principais tecnologias em agricultura de precisão. Os resultados apontam que a adoção está diretamente relacionada à disponibilidade de infraestrutura técnica na propriedade e à participação do produtor em redes de informação.

**Palavras-chave:** Tecnologia, logit, inovação.

#### ABSTRACT:

This article aimed to identify factors conditioning the adoption of technologies in precision agriculture by soybean farmers in Goiás state and Federal District. We estimated logit models to explain the adoption of the main technologies in precision agriculture. Results indicate that the adoption is directly related to the availability of technical infrastructure in the property and the participation of the producer in information networks.

**Keywords:** Technology, logit, innovation.

## 1. Introdução

O Brasil tem apresentado importante avanço na produtividade agropecuária promovido pelas inovações e transferências tecnológicas no campo. Tal papel se deve aos esforços de pesquisa e o desenvolvimento (P&D) na agricultura brasileira a partir da década de 1970 (Costantin, Rocha & Piza, 2007). Diversos trabalhos apontam para uma influência significativa da tecnologia no aumento da produtividade dos fatores na agropecuária (Gasques et al., 2014), na geração de rendas no setor (Alves et al., 2012), na mitigação da pressão da atividade agropecuária sobre

florestas (Brigatte & Teixeira, 2011) e na estrutura e produtividade dos fatores de produção (Fornazier e Vieira Filho, 2013; Viera Filho, Santos & Fornazier, 2013; Bustos, Capretini & Ponticelli, 2016).

Neste cenário, o contínuo processo de avanço na produtividade está relacionado à modernização e a inovação tecnológica dos processos produtivos agropecuários. Estudos sobre a adoção tecnológica têm ganhado cada vez mais espaço no ambiente acadêmico. Entre as tecnologias e inovações agrícolas que tem se tornado importante objeto de estudo, e também vem se tornando importante ferramenta decisório para os produtores agrícolas, estão as tecnologias em agricultura de precisão (Artuzo, Soares & Weiss, 2017).

A agricultura de precisão atua gerindo informações agronômicas, objetivando maior racionalização do uso de recursos produtivos para o processo de produção e maior produtividade diante das variabilidades espaciais e temporais inerentes à produção agrícola (Cirani & Moraes, 2010; Molin, Amaral & Colaço, 2015). A produção agrícola em agricultura de precisão é baseada em tecnologias separadas, em partes interdependentes, que juntos formam a base para sistemas de gestão projetados para coletar dados e informações agronômicas. Dessa forma, essas tecnologias dão assistência para os agricultores na tomada de decisões na produção em um maior grau de especificidades locais (*site-specific*) (Bakhtiari & Hermatian, 2013; McBratney, Whelan & Ancev, 2005; Dobermann et. al, 2004; Cirani & Moraes, 2010; Molin, Amaral & Colaço, 2015).

A contribuição da agricultura de precisão para o aumento da produtividade dos fatores agrícolas pode ser resumida em três aspectos gerais. Primeiro, as tecnologias em AP podem aumentar a produção em função do uso racional de insumos agrícolas. Segundo, a exigência de conhecimento multidisciplinar pode aumentar o investimento em capital humano no campo. Terceiro, melhor gestão na decisão de manejo dos solos e culturas, permitindo assim um acompanhamento preciso da produção e a necessidade de intervenção na produção com base na variabilidade espacial e temporal (Artuzo, Soares & Weiss, 2017; Molin, Amaral & Colaço, 2015).

Apesar de apresentar todas essas vantagens, a agricultura de precisão não tem sido adotada por grande parte dos agricultores no Brasil (Inamatsu et al, 2011), principalmente produtores de grãos (Soares Filho & Cunha, 2015). Este processo pode estar associado a características socioeconômicas, político, institucional e/ou comportamental dos produtores (Ruttan & Hayami, 1984; Tey & Brindal, 2012). A literatura aponta alguns fatores condicionantes para a adoção de inovações agrícolas, por exemplo, tamanho da propriedade, o uso de outras práticas de manejo, estrutura técnica disponível e redes de cooperados são comumente apontados como fatores promovedores de adoção tecnológica (Khana, 2001; Paxton et al., 2011; Kotsiri et al, 2011; Lambert et al., 2015; Wainaina, Tongruksawattana & Qaim, 2016).

A heterogeneidade tecnológica da estrutura produtiva agrícola é considerada pela literatura uma relevante barreira para um desenvolvimento agrário brasileiro (Fornazier & Vieira Filho, 2013; Viera Filho, Santos & Fornazier, 2013; Gasques et al., 2014). Entender como ocorre o processo de adoção de tecnologias pode fornecer indicadores para políticas públicas e estratégias privadas para uma maior difusão tecnológica. Desta forma, o presente estudo objetiva investigar os fatores condicionantes da adoção de cinco tecnologias em agricultura de precisão por parte dos produtores de soja em Goiás e Distrito Federal. As tecnologias elencadas são: Amostra de Solo em Grade (ASG), Mapa de Produtividade (MP), Sensoriamento Remoto (SR), Tecnologias de Aplicação a Taxa Variável (TATV) e Barra de Luz (BL), uma vez que esse conjunto constitui maior parte das práticas adotadas no país (Molin, Amaral & Colaço, 2015).

A escolha da região de análise se deve a dois fatores. Em primeiro lugar, a região se destaca na produção de soja. O Distrito Federal apresentou uma produtividade média de 5,7 toneladas de soja por hectare na safra 2015/16, sendo a unidade da federação mais produtiva. Goiás foi o quarto estado mais produtivo com 4,0 toneladas de soja por hectare (CONAB, 2016). Todavia, Soares Filho & Cunha (2015) indicaram que a adoção de tais tecnologias no estado de Goiás é relativamente baixa. Portanto, entender esse processo poderá dar subsídios a ações que

possam promover políticas de modernização da produção agrícola para o contínuo aumento da produtividade em Goiás e no Distrito Federal. Em segundo lugar, esse trabalho complementa os trabalhos feitos para outras regiões e/ou culturas sobre a adoção de agricultura de precisão, o que ajuda a entender melhor esse processo. Por exemplo, Silva (2007) analisou comparativamente a viabilidade econômica do uso plantio convencional e da agricultura de precisão para a produção de soja e milho. Os resultados econômicos pelo método de precisão foram superiores para as duas culturas. Cirani e Moraes (2010) analisou os determinantes da adoção de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira paulista, e verificou que a probabilidade de adotar é maior em indústrias de capital nacional, que fazem parte de grupos empresariais e de orientação a exportação. Artuzo (2015) demonstra que aproximadamente 82% dos produtores de soja do Rio Grande do Sul reduziram seus custos de produção por hectare ao utilizarem tecnologias de aplicação a taxa variável de fertilizantes.

Além desta introdução, o trabalho se desenvolve em mais quatro seções: na segunda estão os fundamentos teóricos que direcionaram a escolha das variáveis que compõe a investigação empírica da adoção. Na terceira seção está a metodologia, onde são expostos os procedimentos econométricos e o processo de amostragem aplicada. Na quarta são expostos os resultados e discussões e, por fim, a quinta seção apresenta as conclusões e apontamentos sugeridos.

---

## 2. Referencial Teórico

Há diversos trabalhos que procuram identificar os fatores determinantes de adoção de novas tecnologias, divididos em estudos teóricos e empíricos. Os teóricos abordam especificidades do processo de adoção, por exemplo, a adoção a partir da percepção do produtor frente à utilidade da inovação e a sua difusão (Ryn & Gross, 1943; Griliches, 1957; Mansfield, 1961), a adoção e a sua relação a aversão a risco da inovação (Feder, 1980; Feder, Just & Zilberman, 1985; Feder e Umali, 1993), o papel das redes de informação e instituições na combinação de fatores produtivos (Ruttan & Hayami, 1984), o processo de adoção investigado a partir dos atributos das inovações (Rogers, 2010; Rosenberg, 2014) e o processo de adoção a partir de inovações interrelacionadas (Feder, 1982; Leathers & Smale, 1991; Dorfman, 1996). Estudos empíricos sobre o processo de adoção tecnológica têm investigado a adoção e sua relação a outros processos produtivos (Shapiro, Brorsen e Doster, 1992; Khana, 2001; Mariano, Villano & Fleming, 2012; Manda et al, 2016; Wainaina, Tongruksawattana & Qaim, 2016), calculam o impacto da adoção sobre variáveis selecionadas (Mendola, 2007; EL-Shater et al, 2016), testam a adoção a partir da relação entre insumos (Nkonya, Schroeder & Norman, 1997; Johnson & Masters, 2004; Suntornpithug & Kalaitzandonakes, 2009), investigam a intensidade de uso (Winstead et al, 2010; Paxton et al, 2011; Watcharaanantapong et al, 2013; Lambert et al, 2015) e o uso sequencial de inovações (Khana, 2001; Pereira, Teixeira & Lima, 2006; Robertson et al, 2012).

Os principais achados teóricos dizem respeito a fatores condicionantes que determinam a adoção de alguma tecnologia ou prática/processo produtivo. Algumas variáveis são frequentemente apontadas, como: o papel da aversão a riscos (mercadológico e endofoclimáticos), tamanho de propriedade, comercialização, infraestrutura física e institucional, capital humano, qualidade do ambiente, tecnologia disponível, variáveis demográficas, características ou formas de gestão, arrendamento, nível educacional, entre outros. Restringindo a discussão teórica sobre a decisão de adoção tecnológica ou inovação agrícola, os fatores que em geral compõem os modelos que explicam a adoção são de caráter comportamental do agente produtor/empreendedor no mercado. A decisão de adotar é dada pela utilidade percebida dos fatores produtivos e de seus preços (Mansfield, 1961; Feder, Just & Zilberman, 1985; Feder & Umali, 1993).

Os modelos teóricos atribuem adoção de inovações como um processo de mudança tecnológica que se caracteriza por duas seções: inovação e difusão de produtos e processos utilizados como fatores de produção. Neste caso, significa atribuir à mudança tecnológica o envolvimento de um processo, em primeiro lugar, a geração e a comercialização de inovações, e em segundo, a

aplicação de forma mais ampla dessas inovações tecnológicas a um processo gradual definido como difusão (Cribb & Cribb, 2007). Feder & Umali (1993) argumentam que a adoção de tecnologias tem duas perspectivas. Num nível microeconômico procura-se conhecer, a partir de uma unidade de decisão (firma, indivíduo ou produtor), o que influencia a adoção de determinada tecnologia e sua intensidade de uso. Essa perspectiva pode ser examinada de forma estática, num determinado período de tempo, ou dinâmica, quando incorpora no modelo de decisão de adoção, fatores de aprendizagem e/ou experiência. Em uma perspectiva macroeconômica, a investigação concentra-se na identificação de tendência específica no ciclo de difusão percebido em indústrias domésticas ao longo do tempo.

### 3. Metodologia

O procedimento metodológico consistiu em modelo de escolha binária logit, onde se indica a ocorrência ou não de determinado evento. Tal modelo vem sendo utilizado em várias investigações empíricas sobre adoção tecnológica, com destaque para trabalhos de investigação sobre a agricultura de precisão (English, Roberts & Larson, 2000; Paxton et al, 2011; Winstead et al, 2010; Robertson et al, 2012; Lambert et al, 2015). Nesses trabalhos, o objetivo é modelar os fatores e condicionantes que aumentam a probabilidade de uso de tecnologias, ou seja, buscam entender o que vem contribuindo para a adoção ou não de determinada inovação tecnológica ou procedimento produtivo.

O modelo supracitado foi utilizado para estimar a adoção das cinco tecnologias em agricultura de precisão. Dessa forma, atribui-se valor  $y = 1$  quando determinada tecnologia é adotada e  $y = 0$  para sua não adoção por parte do agricultor. A probabilidade logística de  $y$  assumir 0 ou 1 é função das variáveis explicativas representadas pelo vetor  $x$  cujos parâmetros expressam a decisão de adotar ou não:

$$\Pr(y = 1) = F(\beta' x_i) \quad (1)$$

em que  $F(\cdot)$  é probabilidade de o agricultor, com determinadas características  $x_i$ , adotar determinada tecnologia em agricultura de precisão. A probabilidade de não adotar é dada por:

$$\Pr(y = 0) = 1 - F(\beta' x_i) \quad (2)$$

Os parâmetros  $\beta$  refletem os impactos das mudanças em  $x$  na probabilidade de adoção de tecnologias em agricultura de precisão por parte dos produtores de soja em Goiás e Distrito Federal.

O modelo de probabilidade é uma regressão representada por:

$$E[(y|x)] = 0 [1 - F(\beta' x_i)] + 1[F(\beta' x_i)] = F(\beta' x_i) \quad (3)$$

Se o modelo de probabilidade for linear, ou seja, se  $F(\beta' x) = \beta' x$ , haverá três problemas de estimação, a não normalidade dos resíduos, a heteroscedasticidade e o fato de não ser possível restringir as estimativas das probabilidades no intervalo  $[0,1]$ . Por esses motivos, em modelos de variáveis dependentes dicotômicas, não é apropriado a aplicação de métodos de estimação usuais de regressão como MQO. Neste caso, poderiam ocorrer valores estimados da variável de interesse negativos ou maiores que um, desta forma incompatíveis com a natureza da variável resposta (Cameron & Trivedi, 2005).

Portanto, existem métodos específicos, como os modelos não-lineares de probabilidade. Segundo Greene (2003), para que o modelo (3) forneça previsões consistentes espera-se que:

$$\lim_{\beta'x \rightarrow +\infty} Pr(y = 1) = 1$$

$$\lim_{\beta'x \rightarrow -\infty} Pr(y = 1) = 0 \quad (4)$$

Essas condições serão satisfeitas se F for uma função de distribuição normal ou logística, dentre outras. No modelo logit usa-se a função de distribuição logística, que é dada por (Cameron & Trivedi, 2005):

$$E[y | x] = Pr(y = 1) = F(\beta' x) = \frac{e^{\beta' x}}{1 + e^{\beta' x}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta' x}} \quad (5)$$

Em modelos logit, bem como outras variações como probit e tobit, os parâmetros não são necessariamente os efeitos diretos das variáveis explanatórias sobre a dependente, ou seja, não são os efeitos marginais propriamente ditos. Como as estimações envolvem funções não lineares, o efeito marginal de uma variável explicativa sobre a dependente não é o coeficiente  $\beta$ , como no modelo linear. Portanto, para saber o efeito marginal que uma mudança em x causa na probabilidade da adoção da tecnologia, faz-se uso, segundo PINO (2007) da seguinte fórmula:

$$\frac{\partial E[y | x]}{\partial x} = \left[ \frac{\partial F(\beta' x)}{\partial (\beta' x)} \right] \beta = f(\beta' x) \beta \quad (6)$$

Em que F é a função de distribuição logística e  $f$  é a função densidade de probabilidade. A estimação dos parâmetros do modelo logit é realizada pelo método de máxima verossimilhança. Cada observação é tratada como sendo retirada de uma distribuição de Bernoulli (Greene, 2003; Cameron & Trivedi, 2005).

Dentre as variáveis selecionadas para compor o vetor de variáveis explicativas, a literatura discutida na seção anterior indica quatro principais grupos de variáveis poderiam explicar o processo adoção.

Quadro 1: Tabela de descrição das variáveis explanatórias

<b>Características Individuais</b>	
Idade	Variável contínua – Anos de idade
Rendas não Agrícola	Variável <i>dummy</i> – Se obtém rendas em outras atividades
Experiência	Variável contínua – Anos de experiência em negócios agrícolas
Ensino Médio	Variável <i>dummy</i> – Se o produtor tem pelo menos o ensino médio completo
<b>Uso da terra</b>	
Tamanho	Variável contínua – Tamanho da propriedade em hectares
Irrigação	Variável contínua – Anos de uso de irrigação

Manejo Integrado de Pragas	Variável contínua – Anos de uso de MIP
<b>Infraestrutura técnica</b>	
Internet	Variável <i>dummy</i> – Se o produtor tem internet na propriedade
AT Contratada	Variável <i>dummy</i> – Se o produtor utiliza assistência técnica contratada na propriedade
Computador	Variável <i>dummy</i> – Se utiliza computadores na gestão da propriedade
<b>Redes de informação</b>	
Cooperado	Variável <i>dummy</i> – Se o produtor participa de redes de cooperativas
Curso em AP	Variável <i>dummie</i> – Se o produtor realizou algum curso ou treinamento em AP

O primeiro grupo são as características individuais do produtor que são compostas por: Idade, Experiência, Ensino Médio e Rendas Não Agrícolas. É esperado um efeito negativo para a variável idade, quanto mais idade, mais avesso a assumir riscos em utilizar inovações agrícolas. Para a variável experiência em negócios agrícolas, espera-se que quanto mais experiente mais propenso é o produtor em adotar tecnologias. O mesmo vale para a educação. Quanto à variável Rendas Não Agrícolas, espera-se que produtores que obtêm rendas em outros setores sejam menos avessos a riscos em adotar outros processos ou tecnologias na produção agrícola (Feder & Umali, 1993).

O segundo grupo de variáveis é caracterizado pelo uso da terra, composto por: Tamanho da propriedade, uso irrigação e manejo integrado de pragas. Espera-se que quanto maior a propriedade maior propensão a adoção de tecnologias em agricultura de precisão (Molin, Amaral & Colaço, 2015). O uso de outras práticas de manejo pode contribuir para uma menor aversão à adoção de inovações tecnológicas (Feder & Umali, 1993).

O terceiro grupo de variáveis tem como característica a infraestrutura técnica na propriedade, composto por Internet, Computadores na propriedade e Assistência Técnica Contratada. Espera-se que a disponibilidade de Internet e Computadores contribua para uma maior propensão em adotar as tecnologias aqui investigadas. Quanto a Assistência Técnica Contratada, espera-se que produtores que a utilizam em suas propriedades são mais propensos a adotar tecnologias em agricultura de precisão (McBride & Daberkow, 2003; McBratney et al, 2005; Aubert, Schroeder & Grimaudo, 2012)

O último grupo de variáveis refere-se à participação em redes de informação especificado pelas variáveis, Cooperado e Curso em AP. Esperam-se que os efeitos sobre a propensão à adoção das tecnologias pelos produtores sejam positivos. Produtores que são cooperados e que participaram de algum curso ou treinamento em agricultura de precisão tendem a ser mais propensos em adotar tais tecnologias (Ruttan & Hayami, 1984; Nelson & Winter, 2005; Vieira Filho, 2009).

### 3.1. Coleta e Tratamento dos Dados

Os dados trabalhados na pesquisa foram obtidos através do Sindicato Rural de Rio Verde – GO, e também por meio de questionários aplicados em dois grandes eventos na região, TecnoShow 2016 em Rio Verde – Goiás e na Feira Internacional dos Cerrados em Paranoá – Distrito Federal (PADF), ambas realizadas no final do primeiro semestre de 2016.

A justificativa amostral utilizada foi do tipo aleatório simples, onde a escolha de um indivíduo em determinada população tem a mesma probabilidade de ocorrência. De acordo com Fonseca

& Martins (1996), o cálculo para amostras de uma população finita é apresentado em:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}, \quad (7)$$

em que  $n$  é o tamanho da amostra;  $Z$ , a abscissa da curva normal padrão;  $p$ , a estimativa da verdadeira proporção de um dos níveis da variável escolhida, expresso em decimais;  $q = 1 - p$ ;  $N$ , o tamanho da população; e  $d$ , o erro amostral admitido, em expresso decimais.

Segundo os dados do Censo Agropecuário 2006, em Goiás e Distrito Federal haviam 4791 produtores de soja. Para encontrar o cálculo mínimo de aplicações necessárias de questionários, foram utilizados um nível de confiança de 95% ( $z=1,96$ ) com um nível de precisão de 10% e um valor  $p$  de 50%, já que se desconhece o número de produtores que utilizam as tecnologias em agricultura de precisão. Portanto, o valor de  $p$  e  $q$  foi de 50%.

Utilizando os dados preliminares para o cálculo da amostra, obteve-se uma quantidade amostral necessária de 94 respondentes. Foram aplicados em Rio Verde - GO 25 questionários testes que logo foram incorporados à amostra. Os números de respondentes foram num total de 124 produtores. Contudo, as observações foram restritas àqueles produtores que indicaram o tempo de uso das tecnologias em até 15 anos, que é o tempo de disponibilidade comercial das tecnologias em agricultura de precisão no Brasil (Molin, Amaral & Colaço, 2015). Após a exclusão desses respondentes, sobraram 105 observações, o que supera os requisitos amostrais.

## 4. Resultados e Discussões

Nesta seção apresentam-se os resultados dos modelos econométricos estimados para apontar os principais condicionantes da adoção de tecnologias em agricultura de precisão por produtores de soja. Os resultados estão divididos em duas tabelas, onde as linhas são as variáveis explanatórias e as colunas os coeficientes e efeitos marginais. Na tabela 1 são apresentados os resultados do modelo estimado para tecnologias de diagnósticos, Amostra de Solo em Grade (ASG), Mapa de produtividade (MP) e Sensoriamento Remoto (SR). A tabela 2 expõe os resultados da estimação da adoção de tecnologias responsáveis por operacionalizar o tratamento preciso do talhão, Tecnologia de Aplicação a Taxa Variável (TATV) e Barra de Luz (BL).

Nem todas as variáveis foram significativas para explicar a adoção, porém, os resultados estão, em sua maioria, em linha com a literatura técnica e empírica. Aplicou-se o teste de Wald para testar se os coeficientes angulares, em seu conjunto, são iguais a zero. Assumindo uma distribuição chi-quadrado com 14 graus de liberdade, o teste rejeita a hipótese nula para as cinco tecnologias, onde os coeficientes, em seu conjunto, são estatisticamente diferentes de zero. Isso indica que as variáveis selecionadas são relevantes para a explicação do processo de adoção.

Tabela 1: Estimativas para o padrão de adoção de tecnologias de diagnóstico (ASG, MP e SR)

	ASG		MP		SR	
	Coef.	Ef. Marg.	Coef.	Ef. Marg.	Coef.	Ef. Marg.
Idade	-0,00261	-0,0083**	0,0235	-0,0000	-0,349***	-0,0070
	(0,0385)	(0,0034)	(0,0431)	(0,0035)	(0,132)	(0,0041)
Experiência	0,115	-0,0016	0,0360	-0,0015	-0,285*	0,0057

	(0,0997)	(0,0033)	(0,0948)	(0,0037)	(0,158)	(0,0042)
Idade*Experiência	-0,00268		-0,000978		0,00840**	
	(0,00193)		(0,00178)		(0,00344)	
Tamanho	0,000158	0,0002	0,000373**	0,0001**	0,000719**	0,0007**
	(0,000208)	(0,0001)	(0,000186)	(0,0000)	(0,000322)	(0,0005)
Irrigação	0,332**	0,0438***	0,0657	0,0091*	0,00946	0,0005
	(0,131)	(0,1560)	(0,0411)	(0,0054)	(0,0615)	(0,0035)
Manejo Integrado de Pragas	-0,0244	-0,0032	0,0251	0,0035	0,0198	0,0011
	(0,0525)	(0,0069)	(0,0351)	(0,0048)	(0,0453)	(0,0026)
Internet	-0,276	-0,0365	1,133	0,1565	2,812	0,1622
	(0,756)	(0,0996)	(0,857)	(0,1147)	(2,158)	(0,1214)
Ensino Médio	-0,471	-0,0623	0,744	0,1002	-1,291	-0,0744
	(0,801)	(0,1052)	(0,899)	(0,1232)	(1,402)	(0,0796)
AT Contratada	1,687**	0,2223**	0,0740	0,0102	-1,723	-0,0993
	(0,749)	(0,0889)	(0,747)	(0,1032)	(1,238)	(0,0685)
Computador	2,713***	0,3586***	0,111	0,0153	-0,163	-0,0094
	(0,939)	(0,1038)	(0,910)	(0,1258)	(2,147)	(0,1239)
Rend. Não Agrícola.	1,052	0,1391*	1,034*	0,1428*	2,136**	0,1231**
	(0,663)	(0,0841)	(0,599)	(0,0783)	(1,072)	(0,0581)
Cooperado	1,515*	0,2002*	1,303*	0,1800*	0,428	0,0247
	(0,884)	(0,1102)	(0,768)	(0,1001)	(1,184)	(0,0680)
Curso em AP	0,670	0,0885	1,182**	0,1632**	0	
	(0,599)	(0,0773)	(0,597)	(0,0777)	(omitida)	
Constante	-3,126		-5,648**		7,755*	

	(2,065)		(2,434)		(4,428)
Pseudo R2	0,394		0,285		0,384
AIC	112,6		117,8		66,70
BIC	149,7		155,0		101,2
Log-MV.	-42,28		-44,90		-20,35
$\chi^2$	54,99***		35,83***		25,34**

Desvio Padrão em parêntesis: \* p < 0,1, \*\* p < 0,05, \*\*\* p < 0,01

Tabela 2: Estimativas para o padrão de adoção de tecnologias de intervenção (TATV e BL)

	TATV		BL	
	Coef.	Efeito Marginal	Coef.	Efeito Marginal
Idade	0,00392	-0,0015	-0,0297	-0,0026
	(0.0361)	(0,0041)	(0,0547)	(0,0033)
Experiência	0,00713	-0,0033	-0,0868	-0,0087**
	(0.0872)	(0,0037)	(0,112)	(0,0038)
Idade*Experiência	-0,000602		0,000397	
	(0.00166)		(0,00224)	
Tamanho	0,000399*	0,0005**	0,000205	0,0001
	(0,000212)	(0,0003)	(0,000198)	(0,0001)
Irrigação	0,152***	0,0238***	-0,0212	-0,0027
	(0,0569)	(0,0078)	(0,0474)	(0,0060)
Manejo Integrado de Pragas	-0,0518	-0,0080	0,0107	0,0014
	(0,0431)	(0,0065)	(0,0355)	(0,0045)
Internet	0,206	0,0321	-2,997***	-0,3833***
	(0,683)	(0,1064)	(1,038)	(0,1124)
Ensino Médio	-0,227	-0,0355	1,165	0,1491

	(0,724)	(0,1128)	(0,993)	0,1238
AT Contratada	1,164	0,1815*	2,152**	0,2752**
	(0,725)	(0,1084)	(1,015)	(0,1202)
Computador	1,622**	0,2530**	1,723*	0,2204*
	(0,809)	(0,1187)	(0,981)	0,1184
Rendas não Agrícola	0,830	0,1295	0,297	0,0380
	(0,570)	(0,0858)	(0,628)	(0,0797)
Cooperado	0,814	0,1270	0,425	0,0544
	(0,740)	(0,1136)	(0,809)	(0,1030)
Curso em AP	1,319**	0,2058***	2,978***	0,3810***
	(0,543)	(0,0753)	(0,779)	(0,0724)
Constante	-3,378*		-2,082	
	(1,922)		(2,608)	
Pseudo R2	0,315		0,378	
AIC	127,5		111,2	
BIC	164,6		148,4	
Log-MV.	-49,75		-41,60	
$\chi^2$	45,83***		50,46***	

Desvio Padrão em parentêsis: \* p < 0,1, \*\* p < 0,05, \*\*\* p < 0,01

As variáveis ligadas às características individuais dos produtores foram significativas para explicar a adoção de algumas tecnologias. A variável idade e experiência foram significativa e negativa para a tecnologia SR. Contudo, a interação entre elas é positiva e significativa a 5. O efeito marginal da variável idade foi negativo e significativo (5%) para a propensão em adotar ASG. E o efeito marginal da variável experiência foi negativo e significativo para a propensão em adotar BL. Não há consenso quanto ao impacto destas variáveis, enquanto os trabalhos de Khana (2001), Kotsiri et al. (2011) e Paxton et al. (2011) encontraram uma relação positiva entre idade e experiência sobre adoção, outros trabalhos como El-Shater et al. (2016), Mariano, Villano & Fleming (2012), Watcharaananpong e Lambert et al. (2015) encontraram influência negativa das duas variáveis sobre adoção de tecnologias agrícolas.

O tamanho de propriedade reportou um coeficiente e efeito marginal significativo e positivo

para três tecnologias, MP, SR e TATV. Não houve efeito sobre ASG, isto se deve provavelmente pela presença de custos operacionais que são diretamente proporcionais ao tamanho da propriedade. Assim, quanto maior a propriedade menor o incentivo à adoção para o caso da ASG. Esse resultado era esperado e está em linha com a literatura técnica e empírica. De maneira geral, quanto maior a propriedade, maior a necessidade de gerenciamento do processo produtivo agrícola. Também há um poder maior de barganha do produtor ao escolher entre tecnologias, insumos e aplicação e estratégia para a produção. Resultados similares são vistos em boa parte da literatura empírica (English, Robertson e Larson, 2000; Khana, 2001; Jhonson e Master, 2004; Pereira, Teixeira & Lima, 2010; Robertson et al., 2012; Lambert et al., 2015; Wainaina, Tongruksawattana & Qaim, 2016).

Quanto às práticas de manejo, o MIP não apresentou resultados significativos para as tecnologias em AP. Porém a irrigação apresentou um coeficiente positivo e significativo nos modelos de ASG e TATV. Na estimação para MP o efeito marginal sobre a propensão a adotar foi positivo e significativo. Neste caso, os anos de uso de irrigação exercem um efeito positivo sobre a propensão à adoção desse conjunto de tecnologias em AP. Resultado segue em linha com a literatura teórica e empírica em que a experiência em outros procedimentos ou práticas produtivas aumenta a probabilidade da adoção de inovações agrícolas (Khana, 2001; Jhonson & Master, 2004; Suntornpithug & Kalaitzandonakes, 2009; Lambert et al., 2015; Wainaina, Tongruksawattana & Qaim, 2016).

Quanto às variáveis ligadas à infraestrutura técnica da propriedade, o modelo BL apontou significância negativa da variável internet na propriedade sobre a probabilidade de adoção. Esse resultado não era esperado, contudo não é uma exceção na literatura empírica (Kotsiri et al, 2011; Watcharaanantapong et al, 2013). Ao analisar a influência de computadores na gestão e assistência técnica contratada, constatou-se um efeito marginal positivo e significativo sobre a propensão adotar ASG. Computadores na gestão aumentam a probabilidade de adoção de BL e TATV. Se o produtor utiliza assistência técnica contratada, essa pode estimular a adoção de tecnologias ligadas à intervenção no processo de produção agrícola, como é apontado nas estimativas para TATV e BL. A influência destas variáveis está em linha com outros achados empíricos, (Khana, 2001; Kotsiri et al, 2011; Paxton et al., 2011; Robertson et al, 2012; Genius et al., 2013; Watcharaanantapong et al, 2013), o que permite apontar que a estrutura tecnológica na propriedade aumenta a probabilidade desta continuar a se estruturar tecnicamente.

Quanto à mensuração do impacto da escolaridade do agricultor, a variável ensino médio não exerceu impactos significativos sobre a propensão a adotar quaisquer das tecnologias em AP investigada. A presença de rendas não agrícolas foi significativa e positiva nos modelos de adoção de tecnologias em diagnóstico, ASG, MP e SR. Se o produtor detém alguma renda que não seja ligada a atividade agrícola, maior será a sua propensão em adotar tais tecnologias. Feder & Umali (1993) explicam que rendas alternativas à atividade agrícola são variáveis que diminuem a aversão a risco de adotar uma nova tecnologia ou processo produtivo. Portanto, o resultado da variável encontra-se em linha com a literatura teórica (Feder, 1982; Feder & Umali, 1993; Nelson & Winter, 2005) e empírica (Lambert et al., 2014; Watcharaanantapong et al, 2013). Ademais, se o produtor possui rendas não agrícolas, é provável que ele não exerça a atividade agrícola em tempo integral. Portanto, há maior necessidade de coleta de informações sobre a propriedade com intuito de economizar tempo.

Já as variáveis ligadas a redes de informações, como Cooperado e Curso AP, apresentaram relações significativas e positivas sobre a probabilidade de adoção na maioria dos modelos estimados. O produtor cooperado tem maior probabilidade de adoção de ASG e MP. Quanto a variável Curso AP, se o produtor realizou algum curso ou treinamento em AP, sua probabilidade de adoção de MP, TATV e BL é maior. Novamente, esse é um resultado alinhado com a literatura teórica e empírica (Ruttan & Hayami, 1985; Rogers, 2010; Nelson e Winter, 2005; Mariano, Villano & Fleming, 2012; Genius et al., 2013; Lambert et al., 2014).

Apesar de os parâmetros não se apresentarem em sua maioria significativos, resultados gerais

estão em linha com literatura teórica e empírica. Como exemplo, têm-se as variáveis ligadas à infraestrutura técnica e redes de informação, evidenciando que a adoção de tecnologias em agricultura de precisão na região está relacionada à disponibilidade infraestrutura técnica na propriedade e participação do produtor em redes de informação. Isso já era esperado, uma vez que as tecnologias abordadas são intensivas em coletas de dados e aplicação a partir de parâmetros agronômicos coletados da cultura e do desempenho dos sistemas naturais – solo, clima, planta.

---

## 5. Conclusões

Este estudo buscou elencar os fatores condicionantes da adoção de tecnologias em agricultura de precisão por produtores de soja em Goiás e Distrito Federal. Em geral, os resultados confirmaram o que a literatura recente versa. Propriedades maiores exigem mais gerência da atividade, e, portanto, maior necessidade de ferramentas que gerenciam fatores agronômicos da cultura e do solo. Os modelos revelam que a adoção de tecnologias em agricultura de precisão no estado de Goiás e no Distrito Federal está relacionada à disponibilidade de estrutura técnica de comunicação (presença de computadores na gestão) e às redes de informação (cooperado, assistência técnica e cursos em agricultura de precisão).

Os resultados permitem levantar alguns apontamentos. Caso a difusão tecnológica seja uma política setorial, incentivos à formação de cooperativas devem continuar. Produtores ligados a cooperativas tendem a utilizar tecnologias de diagnósticos (ASG, MP e SR). Nesse sentido, entende-se que as cooperativas são um mecanismo institucional de difusão da inovação. Políticas que estimulam infraestrutura técnica nas propriedades podem contribuir para a adoção e difusão das tecnologias aqui investigadas, bem como a um estímulo à modernização do campo.

---

## Referências

- Artuzo, F. D. (2015). Análise da eficiência técnica e econômica da agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes na cultura da soja no RS. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Agronegócio. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- \_\_\_\_\_, F. D.; Soares, C.; Weiss, C. R. (2017). Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. *Revista Espacios*. ISSN 0798-1015. Vol. 38. Nº 02, p.6. Acessado em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n02/17380206.html#uno>
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510–520. <http://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
- Brigatte, H.; Teixeira, E. C. (2011). Determinantes de longo prazo do produto e da Produtividade Total dos Fatores da agropecuária brasileira no período 1974-2005. *Revista de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Brasília, v. 49, n. 4, p. 815-836, dez.
- Bustos, P.; Caprettini, B.; Ponticelli, J. (2016). Agricultural Productivity and Structural Transformation: Evidence from Brazil. *American Economic Review*.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge University Press (Vol. 53).
- Cirani, C. B. S., & Moraes, M. A. F. D. (2010). Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: Os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. *Revista de Economia E Sociologia Rural*, 48(4), 543–565. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032010000400003>
- Costantin, P. D.; Rocha, T. B.; Piza, C. (2007). **Produtividade Total Dos Fatores na Agricultura Brasileira 1970-1999: Um Estudo Aplicado Sobre Sua Composição E Seus Determinantes**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia.
- Cribb, A. Y., Cribb, S. L. S. P. (2007) Mudança Tecnológica: Em busca de uma abordagem

funcional. XVI Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina – Paraná.

Dobermann, A., Blackmore, S., Cook, S. E., & Adamchuk, V. I. (2004). Precision Farming: Challenges and Future Directions. *4th International Crop Science Congress*, 1–19.

Dorfman, J. H. (1996). Modeling Multiple Adoption Decisions in a Joint Framework, *78*(August).

El-shater, T., Yigezu, Y. A., Mugeru, A., Haddad, A., Khalil, Y., & Loss, S. (2015). Does Zero Tillage Improve the Livelihoods of Smallholder Cropping Farmers? <http://doi.org/10.1111/1477-9552.12133>

English, B. C., Roberts, R. K., & Larson, J. A. (2000). A logit analysis of precision farming technology adoption in Tennessee. *Knoxville: The University of Tennessee Agricultural Experiment Station, Department of Agricultural Economics*, 1–22.

Feder, G. (1982). Adoption of Interrelated Agricultural Innovations: Complementary and the Impacts of Risk, Scale, and Credit. *American Journal of Agricultural Economics*, *64*(1), 94. <http://doi.org/10.2307/1241177>

Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, *33*(2), 255. <http://doi.org/10.1086/451461>

Feder, G., & Umali, D. L. (1993). the Adoption of Agricultural Innovations - a Review. *Technological Forecasting and Social Change*, *43*(3–4), 215–239. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-a](http://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-a)

Fonseca, J. S., Martins, G. A. (1996). Curso de estatística. São Paulo: 6ª ed. São Paulo: Atlas.

Fornazier, A.; Viera Filho, J. E. R. (2013). Heterogeneidade estrutural na produção agropecuária: uma comparação da produtividade total dos fatores no Brasil e nos Estados Unidos. IPEA. Texto para discussão, 1819. P. 37. Brasília.

Gasques, J. G., Bastos, E. T., Bacchi, M. R. P., & Valdes, C. (2010). Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Ipea*, 19-44.

\_\_\_\_\_, J. G. et al. Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. (2014) *Revista de Política Agrícola*, v. 23, n. 3, p. 87-98.

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision Agriculture and Food Security. *Science*, *327*(5967), 828–831. <http://doi.org/10.1126/science.1183899>

Genius, M., Koundouri, P., Nauges, C., & Tzouvelekas, V. (2014). Information transmission in irrigation technology adoption and diffusion: Social learning, extension services, and spatial effects. *American Journal of Agricultural Economics*, *96*(1), 328–344.

Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.

Griffin, T. W., Lowenberg-DeBoer, J., Lambert, D. M., Peone, J., Payne, T., & Daberkow, S. G. (2004). Adoption, Profitability, and Making Better Use of Precision Farming Data, (June), 1–20. <http://doi.org/http://purl.umn.edu/28615>

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Acompanhamento de safra brasileira de grãos, v. 4- Safra 2015/16 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, jan.

Inamasu, R. Y.; Bernardi, A. C. C.; Vaz, C. M. P.; Naime, J. M.; Queiro S, L. R.; Resende, A. V.; Vilela, M. F.; Jorge, L. A. C.; Bassoi, L. H.; Perez, N. B.; Fragalle, E. P. (2011). Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: Inamasu, R. Y.; Naime, J. M.; Resende, A. V.; Bassoi, L. H.; Bernardi, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão**: um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação.

Lambert, D. M., Paudel, K. P., & Larson, J. A. (2015). Bundled Adoption of Precision Agriculture Technologies by Cotton Producers, *40*(2), 325–345.

Leathers, H. D., & Smale, M. (1991). A Bayesian Approach to Explaining Sequential Adoption of Components of a Technological Package. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(3), 734–742. <http://doi.org/10.2307/1242825>

Johnson\*, M. E., & Masters, W. A. (2004). Complementarity and sequencing of innovations: new varieties and mechanized processing for cassava in West Africa. *Economics of Innovation and New Technology*, 13(1), 19-31.

Khanna, M. (2001). Sequential adoption of site-specific technologies and its implications for nitrogen productivity: A double selectivity model. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(1), 35-51.

Mariano, M. J., Villano, R., & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41–53. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.010>

McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., & Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision agriculture*, 6(1), 7-23.

Mcbride, W. D., & Daberkow, S. G. (2003). Information and the Adoption of Precision Farming Technologies, 1(Spring), 21–38.

Mendola, M. (2007). Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score matching analysis for rural Bangladesh. *Food policy*, 32(3), 372-393.

Molin, J. P; Amaral, L. R. do; Colaço, A. F. (2015). Agricultura de Precisão. ISBN: 978-85-7975-213-1. 1ªed. Oficina de Textos.

Council, N. R. (1997). *Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management*. <http://doi.org/10.17226/5491>

Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2005). *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Editora Unicamp.

Nkonya, E., Schroeder, T., & Norman, D. (1997). Factors affecting adoption of improved maize seed and fertiliser in Northern Tanzania. *Journal of Agricultural Economics*, 48(1), 1–12. <http://doi.org/10.1111/j.1477-9552.1997.tb01126.x>

Paxton, K. W., Mishra, A. K., Chintawar, S., Roland, K., Larson, J. A., English, B. C., ... Martin, W. (2011). Intensity of Precision Agriculture Technology Adoption by Cotton Producers, 1(April), 133–144.

Pereira, M. W. G., Teixeira, E. C., & Lima, J. E. (2010). Adoção sequencial de tecnologia pós-colheita aplicada à cafeicultura em Viçosa (MG). *Revista de Economia E Sociologia Rural*, 48(2), 381–404. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032010000200006>

Pino, F. (2007). Modelos de decisão binários: uma revisão. v. 54.

Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V, Swift, L., ... O'Callaghan, C. (2012). Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: Status, issues and prospects. *Precision Agriculture*, 13(2), 181–199. <http://doi.org/10.1007/s11119-011-9236-3>

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations. Elements of Diffusion*. <http://doi.org/citeulike-article-id:126680>

Ruttan, V. W., & Hayami, Y. (1984). Toward a theory of induced institutional innovation. *Journal of Development Studies*, 20(June 2014), 203–223. <http://doi.org/10.1080/00220388408421914>

Ryan, B., & Gross, N. C. (1943). The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. *Rural sociology*, 8(1), 15.

Soares Filho, R.; Cunha, J. P. A. R. (2015). Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 4.

- Suntornpithug, P., & Kalaitzandonakes, N. (2009). Understanding the Adoption of Cotton Biotechnologies in the US: Firm Level Evidence. *Agricultural Economics Review*, 10(1), 80.
- Tey, Y. S.; Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*, 13:713-730.
- Vieira Filho, J. E. R. (2009). Inovação Tecnológica E Aprendizado Agrícola: Uma Abordagem Schumpeteriana, (August), 173.
- \_\_\_\_\_, J. E. R.; Dos Santos, G. R.; Fornazier, A. (2013). Distribuição produtiva e tecnológica da agricultura brasileira e sua heterogeneidade estrutural. Texto para discussão CEPAL-IPEA. Brasília.
- Wainaina, P., Tongruksawattana, S., & Qaim, M. (2016). Tradeoffs and complementarities in the adoption of improved seeds , fertilizer , and natural resource management technologies in Kenya, 47, 351–362. <http://doi.org/10.1111/agec.12235>
- Winstead, A. T., Norwood, S. H., Griffin, T. W., Runge, M., Adrian, A. M., Fulton, J., & Kelton, J. (2010). Adoption and use of precision agriculture technologies by practitioners. *Proc. the 10th International Conference on Precision Agriculture*, 18–21.
- Watcharaanantapong, P., Roberts, R. K., Lambert, D. M., Larson, J. A., Velandia, M., English, B. C., ... Wang, C. (2014). Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. *Precision Agriculture*, 15(4), 427–446. <http://doi.org/10.1007/s11119-013-9338-1>
- Zilberman, D., Zhao, J., & Heiman, A. (2012). Adoption Versus Adaptation, with Emphasis on Climate Change. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 27–53. <http://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115954>

- 
1. Mestrando em Agronegócio na Universidade Federal de Goiás, Bolsista Capes. Email: [heverton.mg@uol.com.br](mailto:heverton.mg@uol.com.br)
  2. DS em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa Professor Auxiliar na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.
  3. PhD em Economia Rural pela Purdue University, Professora Titular na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 31) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados