

FATORES ASSOCIADOS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS QUE PROMOVEM A CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AGRICULTURA FAMILIAR BRASILEIRA

DIEGO PIEROTTI PROCÓPIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - UFMT

Introdução

A limitação de recursos naturais (terra, água, solo e biodiversidade), a degradação do solo, as mudanças climáticas e o crescimento da população mundial (contribui para o aumento da demanda por alimentos), impõem desafios para a produção agropecuária brasileira. Dessa forma, destaca-se a importância da difusão de tecnologias que proporcionem um aumento da produtividade e a conservação dos recursos naturais nos sistemas produtivos agropecuários do Brasil, em especial, na agricultura familiar caracterizada pelos baixos níveis de adoção tecnológica e valor bruto da produção.

Problema de Pesquisa e Objetivo

A adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo por parte dos agricultores familiares é baixa. Por exemplo, do total de 3,89 milhões de produtores, cerca de 741,02 mil fizeram o uso da rotação de culturas (representando 19,01% do total nacional) e 429,19 mil fizeram uso do sistema de plantio direto na palha (representando 11,01% do total nacional) (IBGE, 2017). Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa foi de investigar os fatores associados à adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo na agricultura familiar brasileira no ano de 2017.

Fundamentação Teórica

A adoção de tecnologia no setor agropecuário é um fenômeno complexo, sendo influenciado por fatores de ordem ambiental, cultural, econômica, institucional, política e social. Tais fatores podem ser agrupados em categorias: (a) características da propriedade rural; (b) características do ambiente socioeconômico em que a propriedade rural está inserida; (c) características do produtor rural; e, (d) características da própria tecnologia (TEY e BRINDAL, 2012; MUNGUIA e LLEWELLYN, 2020).

Metodologia

Para o alcance do objetivo proposto, foi utilizada a Modelagem de Equações Estruturais (MEE) para a determinação dos fatores e a unidade de análise territorial foram as 558 microrregiões brasileiras delimitadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017).

Análise dos Resultados

A adoção de tecnologias conservacionistas do solo pela agricultura familiar brasileira é um fenômeno multidimensional, sendo positivamente influenciada por fatores do ambiente socioeconômico (acesso dos serviços de assistência técnica e crédito e a participação dos produtores rurais em organizações coletivas) e às características da propriedade rural (disponibilidade de água e a existência de máquinas e equipamentos produtivos) e produtor (nível de escolaridade). Foi verificado que a adoção de tais tecnologias pode contribuir para uma expansão do VBP dos agricultores familiares no país.

Conclusão

A principal contribuição teórica da presente pesquisa foi a validação teórica dos fatores relacionados à adoção de tecnologias conservacionistas do solo na agricultura familiar brasileira. E, as contribuições práticas relacionam-se com a indicação de políticas públicas: (a) criação de cooperativas e a realização de reuniões técnicas e seminários ao longo do território brasileiro; (b) conservação e preservação de nascentes e rios/riachos em áreas rurais; e, (c) linhas de crédito específicas para a compra de máquinas e equipamentos produtivos pelos agricultores familiares.

Referências Bibliográficas

MUNGUIA, O. M. O.; LLEWELLYN, R. The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption? *Applied Economics Perspectives and Policy*, v. 42, n. 1, p. 80-91, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aapp.13007> TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural Technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*, v. 13, n. 6, p. 713-730, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>

Palavras Chave

Agricultura Conservacionista, Desenvolvimento Rural, Políticas Públicas

FATORES ASSOCIADOS À ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS QUE PROMOVEM A CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AGRICULTURA FAMILIAR BRASILEIRA

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a população mundial irá atingir o patamar de 9 bilhões de pessoas no ano de 2050. Além disso, a melhoria no padrão de vida da população irá aumentar ainda mais a demanda por alimentos e energia. Ao mesmo tempo, ocorre uma diminuição da quantidade de terras produtivas disponíveis (advindo da degradação do solo de áreas cultiváveis e na preservação das florestas) para uma expansão da produção de alimentos. Dessa forma, o crescimento da produção agropecuária deve ser pautado através da adoção de tecnologias que proporcionem um aumento da produtividade dos fatores produtivos e proporcione a conservação do solo, com a finalidade de garantir a segurança alimentar e nutricional da população mundial (REETZ, 2017).

A demanda por alimentos está aumentando à medida que as populações crescem e ganham riqueza para comprar dietas mais variadas e com uso intensivo de recursos. Há uma crescente competição por terra, água, energia e outros insumos na produção de alimentos. As mudanças climáticas colocam desafios para o setor agropecuário, especialmente nos países em Desenvolvimento e, muitas práticas agrícolas são prejudiciais ao meio ambiente e uma importante fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (GARNETT *et al.*, 2013).

Os efeitos das alterações climáticas no setor agropecuário estão relacionados com o aumento da temperatura, às altas taxas de concentração de dióxido de carbono (CO₂) (um dos gases que promovem o efeito estufa) na atmosfera, aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (secas, chuvas intensas, ondas de calor e frio) e mudança no padrão de chuvas. Para o Brasil, aumentos médios na temperatura do clima de 1,0 °C a 5,8 °C (Celsius) podem reduzir o nível de produtividade das culturas do arroz, cana-de-açúcar, feijão, milho e soja e promover uma maior ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas nas áreas de cultivo de culturas e pastagens nos sistemas produtivos agropecuários (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A degradação do solo constitui-se principalmente na perda das características biológicas, físicas e químicas essenciais para o desenvolvimento das plantas (OLSSON *et al.*, 2019). Em 2017, havia aproximadamente 11,86 milhões de hectares de pastagens plantadas em más condições de uso (com algum nível de degradação do solo, com problemas como a erosão e a presença de plantas daninhas e cupinzeiros e sem uma manutenção periódica da área de pastagem) ao longo do território brasileiro (IBGE, 2017).

Os fatores que contribuem para o aumento do nível de degradação do solo em uma região estão relacionados com as más práticas de gestão em uma propriedade rural (como por exemplo, o uso inadequado da terra de acordo com a sua aptidão agrícola), o desmatamento de florestas para a expansão de áreas a serem cultivadas por culturas e pastagens, o preparo excessivo do solo com atividades mecânicas (aração e gradagem), a falta ou o uso inadequado de fertilizantes e corretivos no solo e dentre outros (STUCHI, 2022).

O setor agropecuário brasileiro configura-se por uma dualidade de realidades nas condições de vida e no nível de atividade econômica dos produtores rurais. De um lado, existe um grupo de agentes altamente tecnificados e especializados na produção de alimentos e matéria-prima direcionados às indústrias de processamento e aos mercados interno e externo. Por outro lado, existe uma parcela dos produtores rurais brasileiros (representado principalmente pelos agricultores familiares) que vivem em situação de vulnerabilidade socioeconômica e com a produção destinada principalmente à subsistência da família, possuem a necessidade de recursos financeiros, acesso à terra e a determinadas tecnologias para alcançarem um aumento na produtividade e no nível de produção (FORNAZIER e VIEIRA FILHO, 2012).

A definição de agricultor familiar foi regulamentada pela Lei número 11.326 de 24 de julho de 2006 e deve obedecer de forma simultânea aos seguintes critérios: (a) não detenha uma área maior que quatro módulos fiscais; (b) utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas da propriedade; (c) tenha um percentual mínimo da renda familiar advinda de atividades econômicas do seu estabelecimento; e, (d) gerencie o estabelecimento com a família. Além desses quesitos, enquadram-se também os silvicultores, aquicultores, extrativistas, pescadores artesanais, povos indígenas e indivíduos de comunidades quilombolas e tradicionais (BRASIL, 2006).

Em 2017, haviam 3,89 milhões de propriedades rurais familiares em uma área de 80,89 milhões de hectares no Brasil. Entre as regiões brasileiras, a maior parte das propriedades familiares concentraram-se no Nordeste com 1,83 milhões (representando cerca de 47,19% do total nacional), seguido do Sudeste com 688,94 mil (cerca de 17,68% do total nacional), Sul com 665,76 mil (cerca de 17,08% do total nacional), Norte com 480,57 mil (cerca de 12,33% do total nacional) e Centro-Oeste 223,27 mil (cerca de 5,73% do total nacional) no ano de 2017 (IBGE, 2017).

Em 2017, a maior parte das propriedades rurais familiares tiveram um baixo Valor Bruto da Produção (VBP) anual, cerca de 2,27 milhões tiveram um VBP anual de até R\$ 10 mil, correspondendo o total de 58,44% do total nacional. Além disso, a adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo por parte dos agricultores familiares é baixa. Do total de 3,89 milhões de produtores, cerca de 741,02 mil fizeram o uso da rotação de culturas (representando 19,01% do total nacional), 429,19 mil fizeram uso do sistema de plantio direto na palha (representando 11,01% do total nacional), 1,63 milhões fizeram uso de fertilizantes (representando 42,03% do total nacional) e 497,92 mil utilizaram corretivos (cerca de 12,77% do total nacional) (IBGE, 2017).

A adoção de tecnologia no setor agropecuário é um fenômeno complexo, sendo influenciado por fatores de ordem ambiental, cultural, econômica, institucional, política e social. Tais fatores podem ser agrupados em categorias: (a) características da propriedade rural; (b) características do ambiente socioeconômico em que a propriedade rural está inserida; (c) características do produtor rural; e, (d) características da própria tecnologia (TEY e BRINDAL, 2012; MUNGIA e LLEWELLYN, 2020).

A literatura sobre os determinantes da adoção de tecnologia no setor agropecuário tem feito pouco esforço para sintetizar os resultados em formas que são particularmente úteis para os formuladores de políticas públicas (PANNELL e CLAASSEN, 2020). A pesquisa empírica sobre o processo de adoção de tecnologia no campo precisa incorporar as características do contexto socioinstitucional da região analisada, em especial, os aspectos sociais, políticos e econômicos relacionados ao fenômeno. Esse tipo de avaliação é importante para a promoção de políticas públicas de Desenvolvimento Agrário Inclusivo e redução da pobreza na população rural (JONES-GARCIA e KRISHNA, 2021).

Existe uma escassez de trabalhos que discutem os fatores associados à adoção de tecnologia em países cuja maior parte dos produtores rurais possuem um baixo nível de produção (PANNELL e ZILBERMAN, 2020). Dessa forma, a questão investigativa da presente pesquisa foi: *“Quais fatores relacionados ao ambiente socioeconômico e às características das propriedades e produtores rurais estão associados à adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo entre os agricultores familiares brasileiros?”*. Além disso, outra questão de pesquisa investigada foi: *“A adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo pode contribuir para uma expansão do valor bruto da produção (VBP) entre os agricultores familiares brasileiros?”*.

Diante disso, o objetivo da presente pesquisa foi de investigar os fatores associados à adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo na agricultura familiar brasileira no ano de 2017. Para o alcance do objetivo proposto, foi utilizada a Modelagem de Equações

Estruturais (MEE) para a determinação dos fatores e a unidade de análise territorial foram as 558 microrregiões brasileiras delimitadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017).

2. AGRICULTURA CONSERVACIONISTA E DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NO CAMPO

A agricultura conservacionista pode ser definida como a agricultura conduzida sob a proteção de um complexo de tecnologias de caráter sistêmico com a finalidade de preservar, manter e restaurar (ou recuperar) os recursos naturais, mediante manejo integrado do solo, água e biodiversidade (DENARDIN *et al.*, 2014). A difusão de práticas sustentáveis no setor agropecuário contribui para a manutenção da produção de alimentos no longo prazo e na conservação dos recursos naturais (NGAIWI *et al.*, 2023).

A erosão hídrica é o principal fator que leva à degradação do solo, compreende no desprendimento e arraste de partículas do solo ocasionados pelas águas da chuva (ZONTA *et al.*, 2012; BERTOL *et al.*, 2014). No Brasil, a erosão hídrica é uma das principais formas de degradação do solo nas propriedades rurais. No escoamento superficial são transportados nutrientes e matéria orgânica das áreas de cultivo. O processo erosivo possui a capacidade de alterar as características biológicas, físicas e químicas do solo, bem como reduzir o nível de fertilidade, afetando a capacidade produtiva das propriedades rurais (TELLES, 2015).

A promoção da conservação do solo na atividade agropecuária deve ser incentivada pela difusão de tecnologias que proporcionem uma redução do processo de erosão do solo (BERTOL *et al.*, 2014). Tecnologias como a rotação de culturas (BAUMHARDT *et al.*, 2012), sistema de plantio direto (MERTEN *et al.*, 2015; SOMASUNDARAM *et al.*, 2020; OFSTEHAGE e NEHRING, 2021) e o uso de fertilizantes (LI *et al.*, 2022) e corretivos (KONSTADINOU *et al.*, 2023) contribuem para a redução do processo de erosão do solo em propriedades rurais.

A rotação de culturas pode ser definida com a alternância de diferentes tipos de plantas em uma área produtiva de uma propriedade rural ao longo do tempo e pode proporcionar benefícios como o aumento da quantidade de matéria-orgânica, promover um maior fluxo de nutrientes e reduzir o processo de erosão do solo (ISGA, 2010). Proporciona também uma redução na emissão de GEE (CARVALHO *et al.*, 2014).

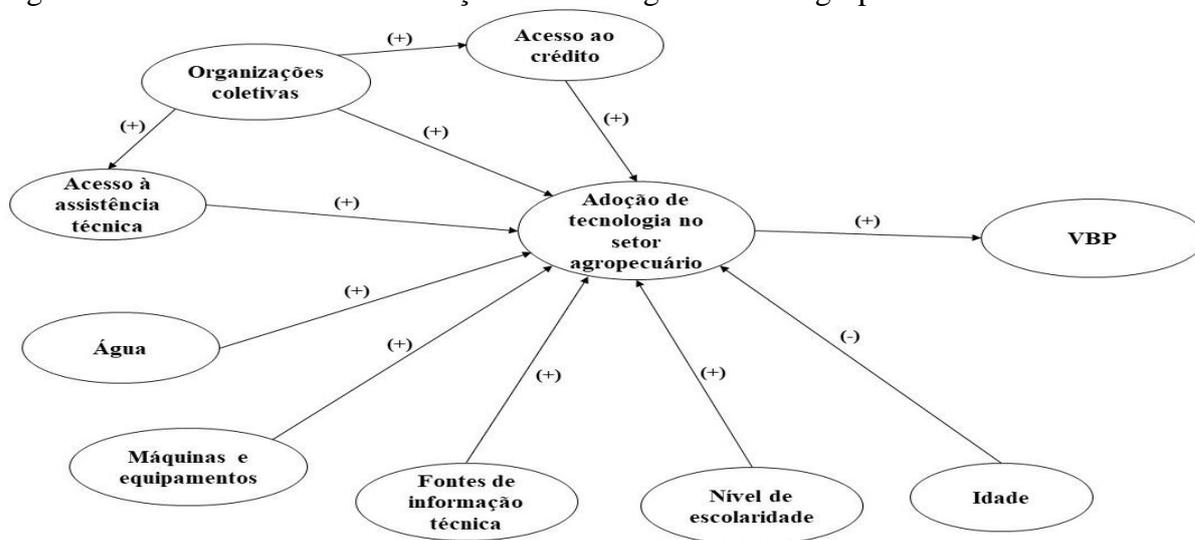
O sistema de plantio direto possui três aspectos gerais que devem ser respeitados, sendo: (a) baixo revolvimento do solo (minimização de uso de atividades mecânicas durante o preparo do solo, como aração e gradagem); (b) manutenção da cobertura vegetal no solo por meio da permanência dos resíduos das plantas (palhada) ao longo da área de cultivo; e, (c) uso da rotação de culturas (PASSOS *et al.*, 2018; TELLES *et al.*, 2021). Fornece benefícios como a melhora da estrutura biológica, física e química do solo (PASSOS *et al.*, 2018) e reduz a emissão de GEE (SOMASUNDARAM *et al.*, 2020; WEIDHUNER *et al.*, 2022).

O uso de fertilizantes e corretivos devem ser utilizados a partir de recomendação técnica, como forma de respeitar as condições edafoclimáticas (características do solo, clima, relevo, etc.) da propriedade rural e tipo de atividade econômica que é explorada (cada tipo de planta possui uma demanda de nutrientes e água durante o ciclo produtivo) (ISGA, 2010).

O processo de adoção de tecnologia no setor rural é um processo complexo e multidimensional, sendo influenciado por uma série de fatores de ordem do ambiente socioeconômico e nas características da propriedade e produtor rural (TEY e BRINDAL, 2012; MUNGIA e LLEWELLYN, 2020). Tais fatores podem ser representados pelos seguintes construtos teóricos: (a) ambiente socioeconômico: acesso aos serviços de assistência técnica e crédito e a participação dos produtores rurais em organizações coletivas; (b) características da propriedade rural: disponibilidade de água, a existência de máquinas e equipamentos produzidos e as fontes de informação técnica (jornais, revistas, aparelhos com conexão à internet, etc.); e,

(c) as características dos produtores rurais: nível de escolaridade e idade dos indivíduos (Figura 1) (PROCÓPIO, 2023).

Figura 1 – Fatores associados à adoção de tecnologia no setor agropecuário



Fonte: Adaptado de PROCÓPIO (2023, p. 82).

Nota: (+) influência positiva de um construto sobre o outro; (-) influência negativa de um construto sobre o outro.

A adoção de tecnologia no setor agropecuário é positivamente influenciada quando o indivíduo possui acesso aos serviços de crédito (**H1**) (KUMAR *et al.*, 2021; TESFAY e MORAL, 2021) e assistência técnica (**H2**) (NGAIWI *et al.*, 2023; NASERELDIN *et al.*, 2023). A participação dos produtores rurais em entidades de ação coletiva possibilita a troca e obtenção de informações técnicas e experiências sobre a utilização de tecnologias nos sistemas produtivos agropecuários, o que contribui para o processo de adoção de tecnologia (**H3**) no campo. Auxilia também no acesso aos serviços de assistência técnica (**H4**) e crédito (**H5**) e mercados e na redução de custos produtivos (SOUZA FILHO *et al.*, 2011; WOSSEN *et al.*, 2015).

A disponibilidade de água nas propriedades rurais contribui para o processo de adoção de tecnologia no setor rural (**H6**) (YANG *et al.*, 2021; KHAREL *et al.*, 2023). A existência de máquinas e equipamentos produtivos (**H7**) (PANNELL *et al.*, 2006; SOUZA FILHO *et al.*, 2011; JONES-GARCIA e KRISHNA, 2021) e fontes de informações técnicas (jornais, revistas, aparelhos com conexão à internet, etc.) (**H8**) (FILIPPINI *et al.*, 2020; GUIA *et al.*, 2021) também exercem uma influência positiva no processo de adoção de tecnologia no setor agropecuário. Em relação às características dos indivíduos, o nível de escolaridade exerce uma influência positiva na adoção de tecnologia no campo (**H9**) (MULWA *et al.*, 2021; EMONGOR *et al.*, 2023).

A idade dos indivíduos exerce uma influência negativa sobre o processo de adoção de tecnologia no campo (**H10**). Os produtores rurais mais velhos podem ser menos energéticos, ter um horizonte de planejamento mais curto (em relação aos mais jovens) e possuem uma maior resistência frente às mudanças que devem ser realizadas no sistema de produção quando se implanta uma nova tecnologia (SOUZA FILHO *et al.*, 2011).

O uso de tecnologias como a rotação de culturas (VOLSI *et al.*, 2022), sistema de plantio direto (SOMASUNDARAM *et al.*, 2020; FOLONI *et al.*, 2023), fertilizantes (EJIGU *et al.*, 2023; FOLONI *et al.*, 2023) e corretivos (EJIGU *et al.*, 2023) podem contribuir para o aumento da produtividade dos fatores produtivos e, conseqüentemente, exercer uma influência positiva sobre o VBP do setor agropecuário (**H11**).

No Quadro 1 é apresentada a relação de hipóteses do modelo teórico para a avaliação do processo de adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo entre os agricultores familiares brasileiros e, se o uso de tais práticas e insumos produtivos, pode contribuir para uma expansão do VBP dos produtores familiares no país.

Quadro 1. Relação de hipóteses do modelo teórico

Hipótese	Descrição	Relação esperada
	Influência sobre o construto de adoção de tecnologia	
H1	O acesso ao crédito exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H2	O acesso à assistência técnica exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H3	A participação de produtores rurais em organizações coletivas exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H6	A disponibilidade de água nas propriedades rurais exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H7	A existência de máquinas e equipamentos nas propriedades rurais exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H8	A existência de fontes de informações técnicas nas propriedades rurais exercem influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H9	O maior grau de escolaridade dos produtores rurais exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Positiva
H10	A maior faixa etária de produtores rurais exerce influência negativa na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo.	Negativa
	Influência sobre os construtos de acesso aos serviços de assistência técnica e crédito	
H4	A participação dos produtores rurais em organizações coletivas exerce influência positiva no acesso à assistência técnica.	Positiva
H5	A participação dos produtores em organizações coletivas exerce influência positiva no acesso ao crédito.	Positiva
	Influência sobre o construto VBP	
H11	A adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo exerce uma influência positiva no VBP da agricultura familiar.	Positiva

Fonte: Elaborado pelo autor.

3. METODOLOGIA

A Modelagem de Equações Estruturais (MEE), também denominada de “*Structural Equation Modeling*” (SEM), abrange um conjunto de técnicas multivariadas de análise de dados que combinam aspectos de regressão múltipla e análise fatorial para estimar simultaneamente uma série de relações de dependência. Para construir um modelo de equações estruturais, é necessário ter um modelo teórico previamente definido que permitirá determinar as múltiplas relações de dependência (ou relações causais) entre os construtos teóricos (HAIR *et al.*, 2009).

A abordagem utilizada foi a PLS-SEM, denominada de “*Mínimos Quadrados Parciais*”,

porque os parâmetros são estimados por uma série de regressões de mínimos quadrados, enquanto a terminologia “*parciais*” decorre do procedimento de estimação interativa dos parâmetros em bloco (por variável latente) em detrimento de todo o modelo, simultaneamente. Em MEE, avaliam-se dois tipos de modelos, o de mensuração (*outer model*) e o estrutural (*inner model*). No modelo de mensuração, avalia-se a relação existente entre os construtos com os indicadores (variáveis observáveis). No modelo estrutural, avalia-se a relação existente entre os construtos (validação das hipóteses propostas no modelo teórico) (NASCIMENTO e MACEDO, 2016).

Inicialmente foram selecionadas 54 variáveis observáveis do Censo Agropecuário de 2017 dos diferentes construtos teóricos do modelo teórico (Figura 1). As variáveis foram relativizadas em relação ao total de estabelecimentos (TE), área total dos estabelecimentos (AE) ou pessoal ocupado (PO) (LOBÃO e STADUTO, 2020). A unidade de análise foram as 558 microrregiões brasileiras e o software utilizado foi o SMARTPLS®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da MEE é a validação do modelo de mensuração, por meio da avaliação das Validades Convergente e Discriminante e a Confiabilidade Composta. A validação convergente foi realizada por meio da análise das Variâncias Médias Extraídas “*Average Variance Extracted*” (AVE) que deve ser maior que 0,50. A Validade Discriminante busca verificar a distinção de um construto em relação aos demais, por meio de uma avaliação das cargas cruzadas dos indicadores com os respectivos construtos. Foi utilizado o critério de Fornell e Larcker (1981) que compara a raiz quadrada dos valores da AVE com as correlações dos demais construtos. A raiz quadrada da AVE de cada variável latente deve ser maior que as correlações dos construtos que compõem o modelo. A Confiabilidade Composta (CC) dos construtos é feita com o objetivo de verificar se a amostra está livre de vieses e deve assumir um valor maior que 0,70 (HAIR *et al.*, 2017).

O modelo inicial com 54 variáveis observáveis não foi adequado de acordo com os critérios do modelo de mensuração. Dessa forma, ocorreram alguns ajustes no modelo até que se tornasse ajustável (AVE > 0,50 e CC > 0,70) (Tabela 1). O ajuste ocorreu com a retirada de algumas variáveis observáveis e transformação logarítmica das que representam o VBP. A transformação em logaritmo de uma variável é importante para a redução de problemas de assimetria na distribuição dos dados (FÁVERO *et al.*, 2014).

Tabela 1 – Matriz de correlações entre as variáveis latentes

Construtos	AC	AS	AT	DA	FI	IP	ME	NE	OC	VBP
AC	0,723									
AS	0,602	0,833								
AT	0,597	0,687	0,775							
DA	0,292	0,403	0,432	0,831						
FI	0,656	0,758	0,765	0,387	0,897					
IP	0,447	0,646	0,529	0,480	0,647	0,723				
ME	-0,194	-0,314	-0,247	-0,105	-0,276	-0,428	0,848			
NE	0,245	0,586	0,500	0,470	0,538	0,681	-0,438	0,722		
OC	0,719	0,748	0,748	0,392	0,825	0,616	-0,281	0,472	0,896	
VBP	0,206	0,445	0,525	0,385	0,456	0,439	-0,270	0,532	0,426	0,789
AVE	0,523	0,694	0,601	0,691	0,804	0,522	0,719	0,522	0,803	0,622
CC	0,755	0,818	0,857	0,814	0,943	0,842	0,884	0,844	0,891	0,767

Nota: AVE – Variância média extraída; CC – Confiabilidade composta. Construtos: AC – acesso ao crédito; AS – acesso à assistência técnica; AT – adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo; DA – disponibilidade de água; FI – fonte de informação técnica; IP – idade dos produtores rurais; ME – máquinas e equipamentos produtivos; NE – nível de escolaridade dos produtores; OC – organizações coletivas; VBP – valor bruto da produção.

Na Tabela 2 são apresentadas as informações do modelo de mensuração ajustado, com a indicação das variáveis observáveis e as cargas fatoriais (um valor mínimo de 0,439 e máximo de 0,927) (Tabela 2).

Tabela 2 - Variáveis observáveis do modelo de mensuração ajustado

Construtos	Variáveis observáveis	Cargas fatoriais
AT – adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo	AT2 – fertilizantes	0,790
	AT3 – rotação de culturas	0,851
	AT4 – corretivos	0,714
	AT5 – sistema de plantio direto na palha	0,740
AC – acesso ao crédito	AC1 – bancos (incluem também recursos financeiros provenientes de linhas de crédito rural, como o PRONAF, PROCERA, etc.)	0,786
	AC2 – cooperativas de crédito	0,872
	AC3 – governos (federal, estadual e/ou municipal) (outros tipos de recursos fornecidos fora das linhas de crédito rural)	0,439
AS – acesso à assistência técnica	AS2 – produtor rural (ou contratada)	0,768
	AS3 – cooperativas	0,893
OC – organizações coletivas	OC1 – cooperativas	0,917
	OC5 – reuniões técnicas/seminários	0,874
DA – disponibilidade de água	DA1 – nascentes	0,947
	DA2 – rios/riachos	0,697
ME – máquinas e equipamentos produtivos	ME1 – tratores	0,875
	ME2 – semeadeira/plantadeira	0,927
	ME3 – colheitadeiras	0,875
	ME4 – adubadeira e/ou distribuidor de calcário	0,910
FI – fontes de informação técnica	FI1 – televisão	0,619
	FI2 – rádio	0,556
	FI3 – aparelhos com conexão à internet	0,831
	FI4 – revistas	0,786
	FI5 – jornais	0,781
NE – nível de escolaridade dos produtores rurais	NE3 – antigo primário (elementar)	0,686
	NE4 – antigo ginásial	0,804
	NE8 – regular do ensino médio	0,663
	NE9 – técnico de ensino médio	0,732
IP – idade dos produtores rurais	NE11 – ensino superior	0,718
	IP1 – menos de 25 anos	0,865
	IP2 – de 25 anos a menos de 35 anos	0,883
VBP – valor bruto da produção	IP3 – de 35 anos a menos de 45 anos	0,792
	IVBP_te – logaritmo do valor bruto da produção dividido pelo total de estabelecimentos	0,793
	IVBP_ae – logaritmo do valor bruto da produção dividido pela área dos estabelecimentos	0,785

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: a variável observável AT1 (plantio em nível) foi retirada do modelo por não ter um bom ajuste no modelo de mensuração. Com exceção do VBP, as demais variáveis observáveis foram relativizadas pelo total de estabelecimentos (TE) da microrregião analisada.

Recomenda-se que as cargas fatoriais das variáveis observáveis sejam maiores que 0,70, para a validade discriminante do modelo de mensuração (HAIR *et al.*, 2017). No entanto, as variáveis AC3 (0,439), DA2 (0,697), FI1 (0,619), FI2 (0,556), NE3 (0,686), NE8 (0,663) apresentaram uma carga fatorial inferior que 0,70. Nesse tipo de situação, é recomendável manter a maior quantidade possível de indicadores no modelo de mensuração para não prejudicar a validade de conteúdo dos construtos (BIDO e SILVA, 2019). Dessa forma, optou-se em manter tais variáveis observáveis no modelo de mensuração.

O modelo estrutural foi avaliado por meio dos coeficientes de determinação de Pearson (R^2), análise de multicolinearidade, o tamanho do efeito de f^2 e a significância dos coeficientes estruturais (RINGLE *et al.*, 2014; BIDO e SILVA, 2019) (Tabela 3). O R^2 avalia a porção da variância das variáveis latentes endógenas (foram os construtos AT, AC, AS e VBP) que é explicada pelo modelo estrutural (RINGLE *et al.*, 2014). O R^2 ajustado leva em consideração a complexidade do modelo e o tamanho amostral e os valores podem estar no intervalo de 0 a 1 (que pode ser avaliado em termos percentuais) (HENSELER *et al.*, 2016).

O modelo foi capaz de explicar 65,40% (0,654) (R^2 ajustado) da variância na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo (AT) na agricultura familiar brasileira. Nos construtos de acesso aos serviços de assistência técnica (AS) e ao crédito (AC), os valores de R^2 ajustado foram de 55,90% (0,559) e 51,60% (0,516), respectivamente. Por fim, para o construto de VBP da agricultura familiar, o valor alcançado foi de 27,40% (0,274) em 2017 (Tabela 3).

A análise de colinearidade foi realizada por meio da avaliação do valor do VIF (*variance inflate factor*) das variáveis latentes. No contexto de PLS-SEM, é recomendável que o valor do VIF esteja no intervalo de 0,20 a 5,00 para que não exista o problema de colinearidade (HAIR *et al.*, 2017). Foi verificada a ausência de multicolinearidade no modelo em questão, já que todos os valores de VIF foram maiores que 0,20 e menores que 5,00 (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados do modelo estrutural

Relações entre construtos	Hipóteses	VIF	f^2	Coefficiente estrutural	Erro padrão	Significância (valor-p)	R^2 ajustado	
AC -> AT	H1	2,312	0,008	0,078	0,042	0,061***	0,654	
AS -> AT	H2	3,081	0,015	0,125	0,050	0,012**		
OC -> AT	H3	4,175	0,050	0,267	0,059	0,000*		
DA -> AT	H6	1,447	0,029	0,119	0,032	0,000*		
ME -> AT	H7	3,954	0,104	0,375	0,055	0,000*		
FI -> AT	H8	2,665	0,018	-0,128	0,048	0,008*		
NE -> AT	H9	2,433	0,014	0,107	0,045	0,018**		
IP -> AT	H10	1,343	0,000	-0,009	0,032	0,775		
OC -> AC	H5	1,000	1,069	0,719	0,026	0,000*		0,516
OC -> AS	H4	1,000	1,271	0,748	0,029	0,000*		0,559
AT -> VBP	H11	1,000	0,380	0,525	0,031	0,000*	0,274	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: * 1% de significância; ** 5% de significância; *** 10% de significância. Construtos: AC – acesso ao crédito; AS – acesso à assistência técnica; AT – adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo; DA – disponibilidade de água; FI – fonte de informação técnica; IP – idade dos produtores rurais; ME – máquinas e equipamentos produtivos; NE – nível de escolaridade dos produtores; OC – organizações coletivas; VBP – valor bruto da produção. Valores-p dos coeficientes estruturais alcançados por meio da técnica de reamostragem de *bootstrapping* com 5.000 repetições.

A significância estatística do coeficiente estrutural representa a validação teórica da hipótese analisada (relação causal entre os construtos do modelo teórico) (HAIR *et al.*, 2017). Por sua vez, o tamanho do efeito (f^2) indica a importância prática do resultado alcançado (COHEN, 1988). A existência do tamanho do efeito de Cohen pode contribuir para a indicação de políticas públicas de difusão de tecnologias que promovem a conservação do solo entre os agricultores familiares ao longo do território brasileiro.

O tamanho do efeito (f^2) ou indicador de Cohen avalia o quanto cada construto é considerado “útil” para o modelo. Valores de 0,02, 0,15 e 0,35 indicam efeitos pequenos, médios e grandes, respectivamente (COHEN, 1988; RINGLE *et al.*, 2014; HAIR *et al.*, 2017). Das oito hipóteses relacionadas ao processo de adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo pelos agricultores familiares (rotação de culturas, sistema de plantio direto na palha e o uso de corretivos e fertilizantes), seis foram confirmadas (**H1**, **H2**, **H3**, **H6**, **H7**, **H9**) e uma teve uma relação inversa ao preconizado na literatura (**H8**) (Tabela 3).

A primeira hipótese (**H1**) de que o acesso ao crédito exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo na agricultura familiar brasileira foi confirmada (significância estatística do coeficiente estrutural) (Tabela 3). O acesso ao crédito foi importante para a adoção de fertilizantes na Etiópia (TESFAY e MORAL, 2021) e sementes melhoradas geneticamente de arroz, milho e trigo na Índia (KUMAR *et al.*, 2021).

A **H2** relacionada com a influência positiva do acesso ao serviço de assistência técnica na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo na agricultura familiar brasileira foi confirmada (significância estatística do coeficiente estrutural) (Tabela 3). O acesso ao serviço de assistência técnica contribuiu para a adoção de um conjunto de práticas conservacionistas do solo (consórcio e rotação de culturas, sistema agroflorestal, cobertura verde e sistema de plantio direto) em Camarões (NGAIWI *et al.*, 2023) e novas cultivares de palmeira oleaginosa na Tailândia (NASERELDIN *et al.*, 2023).

A terceira hipótese (**H3**) relacionada com a influência positiva da participação dos produtores rurais em organizações coletivas sobre a adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo foi confirmada para a agricultura familiar brasileira (significância estatística do coeficiente estrutural), com efeito pequeno (f^2 igual a 0,050) (Tabela 3). A participação dos produtores em organizações coletivas foi importante para a adoção de sementes melhoradas geneticamente na Índia (KUMAR *et al.*, 2021) e fertilizantes no Quênia (MULWA *et al.*, 2021). Para o contexto da agricultura familiar brasileira, a elaboração de políticas públicas que promova a criação de cooperativas e a realização de seminários e reuniões técnicas pode contribuir para a difusão de tecnologias conservacionistas do solo entre os agricultores familiares ao longo do território brasileiro.

A sexta hipótese (**H6**) relacionada com a influência positiva da disponibilidade de água nas propriedades rurais sobre a adoção de tecnologias conservacionistas do solo foi confirmada para a agricultura familiar brasileira (significância estatística do coeficiente estrutural), com efeito pequeno (f^2 igual a 0,029) (Tabela 3). A disponibilidade de água nas propriedades rurais contribuiu para a adoção de fertilizantes na China (YANG *et al.*, 2021) e Nepal (KHAREL *et al.*, 2023). Ações governamentais que promovam a conservação e preservação de nascentes e rios/riachos em áreas rurais pode contribuir para a difusão de tecnologias conservacionistas do solo entre os agricultores familiares brasileiros.

A sétima hipótese (**H7**) de que a existência de máquinas e equipamentos produtivos (tratores, semeadeiras/plantadeiras, colheitadeira, adubadeira e distribuidor de calcário) nas propriedades rurais exercem uma influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo foi confirmada para o contexto da agricultura familiar brasileira (significância estatística do coeficiente estrutural), com efeito pequeno (f^2 igual a 0,104) (Tabela 3). A existência de máquinas e equipamentos produtivos nas propriedades rurais é importante para a implementação de práticas produtivas como o sistema de plantio direto

(TELLES *et al.*, 2021) e o uso de fertilizantes (ZONTA *et al.*, 2012). A elaboração de políticas públicas de acesso ao crédito para a modernização produtiva das propriedades rurais familiares pode contribuir para uma maior adoção de tecnologias conservacionistas do solo no país.

A nona hipótese (**H9**) de que o maior grau de escolaridade dos produtores rurais exerce influência positiva na adoção de tecnologias que promovem a conservação do solo foi confirmada para a agricultura familiar brasileira (significância estatística do coeficiente estrutural) (Tabela 3). O grau de escolaridade dos produtores rurais foi importante para o uso de fertilizantes (MULWA *et al.*, 2021) e práticas integradas de fertilidade do solo (EMONGOR *et al.*, 2023) no Quênia.

A oitava hipótese (**H8**) teve um resultado contrário ao preconizado na literatura. Para o contexto da agricultura familiar brasileira, o acesso às informações técnicas teve uma relação negativa com a adoção de tecnologias conservacionistas do solo (significância estatística do coeficiente estrutural) (Tabela 3). Em 2017, havia no Brasil 3,89 milhões de agricultores familiares, dos quais, 1,02 milhões (representando 26,38% do total nacional) não sabiam ler e nem escrever e 699,51 mil (representando 17,49% do total nacional) nunca frequentaram a escola (IBGE, 2017). Ou seja, uma parte dos produtores familiares brasileiros possuem um grau de escolaridade mínimo, mas não conseguiram desenvolver adequadamente o processo de aprendizagem para aquisição de novos conhecimentos técnicos.

O uso de tecnologias conservacionistas do solo em propriedades rurais requer a aquisição de novas habilidades de gestão por parte dos produtores (KNOWLER e BRADSHAW, 2007). Por exemplo, para o uso de fertilizantes e corretivos, é necessário seguir as recomendações técnicas após a análise do solo (LINQUIST *et al.*, 2007), para o uso do sistema de plantio direto é necessário a preparação adequada de máquinas e equipamentos para o preparo do solo e a semeadura (TELLES, 2015) e na rotação de culturas deve-se realizar o planejamento adequado da área de cultivo (ISGA, 2010).

As hipóteses **H4** (a participação dos produtores em organizações coletivas exerce influência positiva no acesso à assistência técnica) (f^2 de 1,271, classificado como um efeito grande) e **H5** (a participação dos produtores rurais em organizações coletivas exerce influência positiva no acesso ao crédito) (f^2 de 1,069, classificado como um efeito grande) foram confirmadas para a agricultura familiar brasileira (significância estatística dos coeficientes estruturais) (Tabela 3). A participação dos produtores rurais em organizações coletivas contribuiu para o acesso ao crédito na Etiópia (WOSSEN *et al.*, 2015) e ao serviço de assistência técnica em Gana (ZAKARIA *et al.*, 2020). A elaboração de políticas públicas de criação de cooperativas e a realização de reuniões técnicas e seminários pode contribuir para a expansão do acesso dos agricultores familiares aos serviços de assistência técnica e crédito.

A décima primeira hipótese (**H11**) relacionada com a influência positiva da adoção de tecnologias conservacionistas do solo (rotação de culturas, sistema de plantio direto na palha e o uso de corretivos e fertilizantes) sobre o VBP foi confirmada para a agricultura familiar brasileira (significância estatística do coeficiente estrutural), com tamanho grande (f^2 igual a 0,380) (Tabela 3). O uso de tecnologias conservacionistas do solo pode contribuir para o aumento da produtividade das propriedades rurais, como por exemplo, a rotação de culturas (VOLSI *et al.*, 2021), sistema de plantio direto (FOLONI *et al.*, 2023), corretivos (EJIGU *et al.*, 2023) e fertilizantes (FOLONI *et al.*, 2023). A elaboração de políticas públicas de difusão de tecnologias conservacionistas do solo pode contribuir para a expansão do VBP de propriedades familiares ao longo do território nacional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivou-se nesta pesquisa verificar quais fatores estavam associados à adoção de tecnologias conservacionistas do solo na agricultura familiar brasileira no ano de 2017. E, se a

adoção de tais tecnologias poderia contribuir para uma expansão do VBP dos agricultores familiares brasileiros. A principal contribuição teórica da presente pesquisa foi a validação teórica dos fatores relacionados à adoção de tecnologias conservacionistas do solo na agricultura familiar brasileira.

A adoção de tecnologias conservacionistas do solo na agricultura familiar brasileira é um fenômeno complexo e multidimensional, sendo positivamente influenciada por fatores do ambiente socioeconômico (acesso dos serviços de assistência técnica e crédito e a participação dos produtores rurais em organizações coletivas) e às características da propriedade rural (disponibilidade de água e a existência de máquinas e equipamentos produtivos) e produtor (nível de escolaridade). E, negativamente influenciada pela existência de fontes de informação técnica na propriedade rural. Foi realizada também a validação teórica da importância da participação dos agricultores familiares em organizações coletivas (cooperativas e reuniões técnicas e seminários) para terem acesso aos serviços de assistência técnica e crédito e de como a adoção de tecnologias conservacionistas do solo pode contribuir para uma expansão do VBP dos agricultores familiares no país.

As principais contribuições práticas relacionam-se com a indicação de políticas públicas para a promoção do desenvolvimento rural no Brasil. Em relação à adoção de tecnologias conservacionistas do solo, propõe-se: (a) criação de cooperativas e a realização de reuniões técnicas e seminários ao longo do território brasileiro; (b) conservação e preservação de nascentes e rios/riachos em áreas rurais; e, (c) linhas de crédito específicas para a compra de máquinas e equipamentos produtivos pelos agricultores familiares. O desenvolvimento de tais ações pode contribuir também para uma expansão do VBP da agricultura familiar no Brasil. E o incentivo da participação dos produtores familiares em organizações coletivas (cooperativas e reuniões técnicas e seminários) pode contribuir para uma expansão do acesso aos indivíduos aos serviços de assistência técnica e crédito ao longo do território brasileiro.

Uma das principais limitações da presente pesquisa foi a exclusão não intencional de algum fator que possa estar relacionado com a adoção de tecnologias conservacionistas do solo na agricultura familiar brasileira. O modelo teórico (Figura 1) pode ser expandido para a inclusão de outros fatores, já que o R^2 ajustado foi de 0,654. Outra limitação foi a não inclusão de outras tecnologias conservacionistas do solo no modelo estrutural em questão, como o sistema de plantio direto de cultivo mínimo e pousio ou descanso do solo, variáveis disponíveis na base de dados do Censo Agropecuário de 2017.

Recomenda-se a realização de estudos para as regiões e estados com a unidade de análise a nível municipal. Uma avaliação das regiões e unidades federativas pode contribuir para a elaboração de políticas públicas mais específicas aos diferentes tipos de contextos existentes ao longo do território brasileiro.

REFERÊNCIAS

BAUMHARDT, R. L.; JOHNSON, G. L.; SCHWARTZ, R. C. Residue and long-term tillage and crop rotation effects on simulated rain infiltration and sediment transport. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 4, p. 1370-1378, 2012. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0331>

BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T.; SCHICK, J. Manejo e conservação do solo e da água no Brasil: retrospectiva e projeção para o futuro. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Editores técnicos). **Agricultura conservacionista no Brasil** (pp. 43-68). Brasília: EMBRAPA, 2014.

BIDO, D. S.; SILVA, D. SmartPLS 3: especificação, estimação, avaliação e relato.

Administração: Ensino e Pesquisa, v. 20, n. 2, p. 488-536, 2019. Doi: <https://doi.org/10.13058/raep.2019.v20n2.1545>

BRASIL. **Lei número 11.326 de 24 de julho de 2006**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; FRAZÃO, L. A.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Crop-pasture rotation: a strategy to reduce soil greenhouse gas in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 183, p. 167-175, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.014>

COHEN. J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New York: Psychology Press, 1988.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; COGO, N. P. Agricultura conservacionista no Brasil: uma análise do conceito à adoção. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Editores técnicos). **Agricultura conservacionista no Brasil** (pp. 23-41). Brasília: EMBRAPA, 2014.

EJIGU, W.; SELASSIE, Y. G.; ELIAS, E. Integrated use of compost and lime enhances soil properties and wheat (*Triticum aestivum* l.) yield in acidic soils of Northwestern Ethiopia. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 193-207, 2023. Doi: <https://doi.org/10.30486/IJROWA.2022.1941048.1343>

EMONGOR, R. A.; KATUNGI, E.; USIDE, R. Factors affecting adoption of integrated soil fertility management technologies in Machakos and Bungoma Counties, Kenya. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 87, n. (1-2), p. 17-24, 2023.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; TAKAMATSU, R. T.; SUZART, J. **Métodos quantitativos com Stata**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FILIPPINI, R.; MARESCOTTI, M. E.; DEMARTINI, E.; GAVIGLIO, A. Social networks as drivers for technology adoption: a study from a rural mountain area in Italy. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 1-18, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/su12229392>

FOLONI, J. S. S.; SILVA, S. R.; ABATI, J.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; NOGUEIRA, M. A.; BASSOI, M. C. Yield of soybean-wheat succession in no-tillage system and soil chemical properties affected by liming, aluminum tolerance of wheat cultivars, and nitrogen fertilization. **Soil and Tillage Research**, v. 226, 105576, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105576>

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade estrutural do setor agropecuário brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IPEA, 2012. (Texto para discussão número 1708)

FORNELL, C.; LARCKER, D. F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. **Journal of Marketing Research**, v. 18, n. 1, p. 39-50, 1981. Doi: <https://doi.org/10.2307/3151312>

GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, I.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable intensification in agriculture: premisses and policies. **Science**, v. 341, n. 6141, p. 33-34, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.1234485>

GIUA, C.; MATERIA, V. C.; CAMANZI, L. Management information system adoption at the farm level: evidence from the literature. **British Food Journal**, v. 123, n. 3, p. 884-909, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2020-0420>

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAIR, J. F.; HULT, G. T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. **A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)**. Los Angeles: SAGE, 2017.

HENSELER, J.; HUBONA, G.; RAY, P. A. Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 1, 0. 2-20, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 25 de agosto de 2023.

ISGA – INTERNATIONAL SOYBEAN GROWERS ALLIANCE. **Manual de melhores práticas agrícolas, ano de 2010**. Disponível em: http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual_de_Melhores_Praticas_Agricolas.pdf. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

JONES-GARCIA, E.; KRISHNA, V. V. Farmer adoption of sustainable intensification Technologies in the maize systems of the Global South: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 8, p. 1-20, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00658-9>

KHAREL, M.; RAUT, N.; DAHAL, B. M. An assessment of good agriculture practices for safe and sustainable vegetable production in mid-hills of Nepal. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, 100518, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100518>

KNOWLER, D.; BRADSHAW, B. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. **Food Policy**, v. 32, n. 1, p. 25-48, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003>

KONSTADINOU, M.; HERRIER, G.; STOUTJESDIJK, T.; LOSMA, F.; ZWANENBURG, C.; DOBBE, R. Lime treatment: evaluation for use in dike applications in the Netherlands. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 35, n. 3, p. 1-17, 2023. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004623](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004623)

KUMAR, A.; HAZRANA, J.; NEGI, D. S.; BIRTHAL, P. S.; TRIPATHI, G. Understanding the geographic pattern of diffusion of modern crop varieties in India: a multilevel modeling approach. **Food Security**, v. 13, p. 637-651, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01114-y>

LI, Y.; XU, J.; LIU, X.; LIU, B.; LIU, W.; JIAO, X.; ZHOU, J. Win-win for monosodium glutamate industry and paddy agriculture: replacing chemical nitrogen with liquid organic fertilizer from wastewater mitigates reactive nitrogen losses while sustaining yields. **Journal of Cleaner Production**, v. 347, 131287, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131287>

LINQUIST, B. A.; PHENGSOUVANNA, V.; SENGXUE, P. Benefits of organic residues and chemical fertilizer to productivity of rain-fed lowland rice and to soil nutrient balances. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 79, n. 59-72, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10705-007-9095-5>

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, e188276, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 85-93, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014>

MULWA, C. K.; MUYANGA, M.; VISSER, M. The role of large traders in driving sustainable agricultural intensification in smallholder farms: evidence from Kenya. **Agricultural Economics**, v. 52, n. 2, p. 329-341, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1111/agec.12621>

MUNGUIA, O. M. O.; LLEWELLYN, R. The adopters versus the technology: which matters more when predicting or explaining adoption? **Applied Economics Perspectives and Policy**, v. 42, n. 1, p. 80-91, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aepp.13007>

NASCIMENTO, J. C. H. B.; MACEDO, M. A. S. Modelagem de Equações Estruturais com mínimos quadrados parciais: um exemplo da aplicação do SmartPLS® em pesquisas em Contabilidade. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, v. 10, n. 3, p. 289-313, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.17524/repec.v10i3.1376>

NASERELDIN, Y. A.; CHANDIO, A. A.; OSEWE, M.; ABDULLAH, M.; JI, Y. The credit accessibility and adoption of new agricultural inputs nexus: assessing the role of financial institutions in Sudan. **Sustainability**, v. 15, n. 2, 1297, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15021297>

NGAIWI, M. E.; MOLUA, E. L.; SONWA, D. J.; MELIKO, M. O.; BOMDZELE, E. J.; AYUK, J. E.; CASTRO-NUNES, J.; LATALA, M. M. Do farmers' socioeconomic status determine the adoption of conservation agriculture? An empirical evidence from Eastern and Southern regions of Cameroon. **Scientific African**, v. 19, e01498, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01498>

OFSTEHAGE, A.; NEHRING, R. No-till agriculture and the deception of sustainability in Brazil. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 19, n. (3-4), p. 335-348, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1910419>

OLIVEIRA, I. R.; GONTIJO NETO, M. M.; NOBRE, M. M. Mudanças climáticas e a agricultura de baixa emissão de carbono. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (Editores

técnicos). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação** (pp. 10-32). Brasília: EMBRAPA, 2018.

OLSSON, L.; BARBOSA, H.; BHADWAL, S.; COWIE, A.; DELUSCA, K.; FLORES-RENTERIA, D.; HERMANS, K.; JOBBAGY, E.; KURZ, W.; LI, D.; SONWA, D. J.; STRINGER, L. Land degradation. In: SHUKLA, P. R.; SKEA, J.; BUENDIA, E. C.; MASSON-DELMOTTE, V.; PÖRTNER, H. O.; ROBERTS, D. C.; ZHAI, P.; SLADE, R.; CONNORS, S.; van DIEMEN, R.; FERRAT, M.; HAUGHEY, E.; LUZ, S.; NEOGI, S.; PATHAK, M.; PETZOLD, J.; PEREIRA, J. P.; VYAS, P.; HUNTLEY, E.; KISSICK, K.; BELKACEMI, M.; MALLEY, J. **Climate change and land: na IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems** (pp. 345-436). Genebra: IPCC, 2019.

PANNELL, D. J.; MARSHALL, G. R.; BARR, N.; CURTIS, A.; VANCLAY, F.; WILKINSON, R. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. **Australian Journal International Agriculture**, v. 46, n. 11, p. 1407-1424, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1071/EA05037>

PANNELL, D. J.; CLAASSEN, R. The roles of adoption and behavior change in agricultural policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 46, n. 11, p. 31-41, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aapp.13009>

PANNELL, D. J.; ZILBERMAN, D. Understanding adoption of innovations and behavior change to improve agricultural policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 46, n. 11, p. 3-7, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1002/aapp.13013>

PASSOS, A. M. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, F. C. Sistema de plantio direto. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. (Editores técnicos). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação** (pp. 61-104). Brasília: EMBRAPA, 2018.

PROCÓPIO, D. P. **Fatores associados à adoção de tecnologias sustentáveis no setor agropecuário brasileiro**. 2023.288f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2023.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo, ANDA, 2017.

RINGLE, C. M.; SILVA, D.; BIDO, D. Modelagem de equações estruturais com utilização do Smartpls. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 2, p. 56-73, 2014. Doi: <https://doi.org/10.5585/remark.v13i2.2717>

SOMASUNDARAM, J.; SINHA, N. K.; DALAL, R. C.; LAL, R.; MOHANTY, M.; NAOREM, A. K.; HATI, K. M.; CHAUDHARY, R. S.; BISWAS, A. K.; PATRA, A. K.; CHAUDHARI, S. K. No-till farming and conservation agriculture in south Asia – issues, challenges, prospects and benefits. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 39, n. 3, p. 1-44, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1782069>

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.35977/0104->

1096.cct2011.v28.12041

STUCHI, J. F. **Políticas públicas e governança ambiental para a construção do Plano Nacional de Gestão Sustentável do Solo e da Água no Brasil**. 2022. 615f. Tese (Doctorado en Recursos Naturales Y Gestión Sostenible) – Universidad d Córdoba, Córdoba, 2022.

TELLES, T. S. **Conservação dos solos e preços de terras agrícolas no Brasil**. 2015. 155f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 2021. (Texto para discussão número 2638)

TESFAY, M. G.; MORAL, M. T. The impact of participation in rural credit program on adoption of inorganic fertilizer: a panel data evidence from Northern Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**, v. 7, n.1, 1919388, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1919388>

TEY, Y. S.; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural Technologies: a review for policy implications. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 713-730, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>

VOLSI, B.; HIGASHI, G. E.; BORDIN, I.; TELLES, T. S. The diversification of species in crop rotation increases the profitability of grain production systems. **Scientific Reports**, v. 12, 19849, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23718-4>

WEIDHUNER, A.; ZANDVAKILI, O. R.; KRAUSZ, R.; CRITTENDEN, S. J.; DENG, M.; HUNTER, D.; SADEGHPOUR, A. Continuous no-till decreased soil nitrous oxide emissions during corn years after 48 and 50 years in a poorly-drained Alfisol. **Science of the Total Environment**, v. 838, 156296, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156296>

WOSSEN, T., BERGER, T., FALCO, S. D. Social capital, risk preference and adoption of improved farm land management practices in Ethiopia. **Agricultural Economics**, v. 46, n. 1, p. 81-97, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1111/agec.12142>

YANG, Q.; ZHU, Y.; WANG, F. Exploring mediating factors between agricultural training and farmers' adoption of drip fertigation system: evidence from banana farmers in China. **Water**, v. 13, n. 10, 1364, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/w13101364>

ZAKARIA, A.; AZUMAH, S. B.; APPIAH-TWUMASI, M.; DAGUNGA, G. Adoption of climate-smart agricultural practices among farm households in Ghana: the role of farmer participation in training programmes. **Technology in Society**, v. 63, e101338, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101338>

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, I.; CORDEIRO JÚNIOR, A. F.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N.; OLIVEIRA, M. C.; CUNHA, D. S.; MOTA, M. O. S.; SOARES, A. N.; BARBOSA, H. F. **Práticas de conservação de solo e água**. Campina Grande: EMBRAPA, 2012.