



**ANÁLISE DOS DETERMINANTES DA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS
NA PECUÁRIA INTENSIVA DE CORTE NO BRASIL**
**ANALYSIS OF THE DETERMINANTS OF THE ADOPTION OF DIGITAL
TECHNOLOGIES BY BEEF CATTLE FEEDLOTS IN BRAZIL**

Autores: Gabriela dos Santos Eusébio; Marcela de Mello Brandão Vinholis; Hildo Meirelles de Souza Filho; Marcelo José Carrer

Filiação: Embrapa Pecuária Sudeste (Bolsista CNPq); Embrapa Pecuária Sudeste; PPGE-DEP/UFSCar; PPGE-DEP/UFSCar

E-mail: gabeusebio@gmail.com; marcela.vinholis@embrapa.br; hildo@dep.ufscar.br; marcelocarrer@dep.ufscar.br

Grupo de Trabalho (GT): GT08. Conhecimentos, tecnologias e inovações no rural

Resumo

A intensidade de adoção de novas tecnologias é importante para o aumento da produtividade nas atividades agropecuárias. No setor da pecuária intensiva de corte, essa medida também é fundamental para o aumento da eficiência por área e por animal. O presente estudo analisa os determinantes da adoção de tecnologias digitais na pecuária intensiva de corte no Brasil. Por meio de uma análise de correspondência múltipla criou-se um gradiente de adoção das tecnologias digitais composto por três grupos: não adotantes de tecnologias digitais; adotantes de tecnologias digitais para gestão; adotantes de tecnologias digitais em automação e uso de sensores. Em seguida, estimaram-se modelos de regressão logística multinomial para analisar os determinantes da adoção. Maior escala de produção, maior grau de escolaridade e menor idade do produtor e acesso a consultoria especializada em confinamentos aumentam as chances de o produtor pertencer a grupos mais intensivos no uso de tecnologias digitais, do que ao grupo de não adotantes.

Palavras-chave: pecuária de precisão; agricultura digital; agricultura inteligente; adoção de tecnologia.

Abstract

Technological intensification is essential for increasing productivity in agricultural activities. In the intensive beef cattle raising sector, this measure is also fundamental for increasing efficiency per area and per animal. The present study analyzes the determinants of adopting digital technologies by beef cattle feedlots in Brazil. Through a multiple correspondence analysis, a gradient of adoption of digital technologies composed of three groups was developed: non-adopters of digital technologies; adopters of digital technologies for management; adopters of digital technologies in automation and sensor use. Then, multinomial logistic regression models were estimated to analyze the determinants of adoption. A large scale of production, high education level and young farmers, and access to specialized advisory in feedlots increase the chances of the farmer being to groups more intensive in the use of digital technologies, than to the group of non-adopters.

Key words: precision livestock; digital farming; smart farming; technology adoption.

1. Introdução

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu em 2012 a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), que caracteriza agricultura de precisão como “o sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e a minimização do efeito ao ambiente” (CBAP, 2012). Em outras palavras, a agricultura de precisão (AP) é formada pelo conjunto de ferramentas que possibilitam reunir, processar e analisar os dados temporais e espaciais, de maneira individual, e em combinação com outras informações, visando apoiar as decisões de gerenciamento da produção (GREGO et al., 2020). De acordo com a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão (ISPA), o objetivo da AP consiste na busca de uma maior eficiência no uso de recursos, no aumento da produtividade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agrícola. De acordo com a



Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), a agricultura de precisão teve seu início com o desenvolvimento de máquinas com receptores de GPS e geração de mapas de produtividade, principalmente para as culturas de soja e milho, e com o avanço de novas tecnologias, está presente em todas as cadeias produtivas do setor agropecuário. Hoje, o conjunto de tecnologias de agricultura de precisão é utilizado, por exemplo, em coletas de dados por sensores, mapeamentos e amostragens de solos e das culturas, mineração de dados e extração de padrões, máquinas e equipamentos de aplicação a taxa variada, entre outros (GREGO et al, 2020; MOZAMBANI, 2021).

Um estudo de abrangência nacional, realizado pela Embrapa e pelo Sebrae por meio de questionários aplicados a produtores e empresas ou prestadores de serviços, mostrou que 84,1% dos entrevistados utilizavam ao menos uma tecnologia digital, entre eles aplicativos e softwares voltados para a gestão da propriedade e da produção, uso da internet em atividades relacionadas ao processo produtivo, e sistemas de posicionamento global (EMBRAPA, 2020). Entre os produtores entrevistados pela pesquisa, 74% se dedicavam a agricultura, 54% atuavam na pecuária (sendo 33% com pecuária de corte) e 6% com silvicultura. Para esses produtores, o aumento da produtividade, a maior qualidade na produção e na eficiência da mão de obra, além da redução no impacto ambiental das atividades estão entre as principais vantagens na utilização das tecnologias digitais.

O setor pecuário também apresenta desafios que podem ser solucionados com o auxílio das tecnologias digitais, entre eles estão o monitoramento da saúde e bem estar animal, indicadores zootécnicos relacionados a ganhos de produtividade e os impactos ambientais relacionados ao processo produtivo. A coleta e armazenamento de dados, processamento e interpretação da informação são essenciais para a gestão eficiente e lucrativa da produção pecuária (THYSEN, 2000). A pecuária de precisão visa oferecer um sistema para monitoramento e gestão, em tempo real, fornecendo ao produtor alertas e permitindo ação imediata do produtor para solucionar os problemas relacionados à produção (BERCKMANS, 2017). A aplicação de tecnologias avançadas de informação e comunicação para o controle preciso do processo de produção e uso de recursos tem potencial para aumentar a eficiência da produção, reduzir custos e melhorar o bem estar animal (BANHAZI e BLACK, 2009; BANHAZI et al., 2012). Além do benefício econômico, alguns autores (BERCKMANS, 2017; TULLO et al., 2019) identificam a Pecuária de Precisão como uma estratégia aliada na mitigação do impacto ambiental da pecuária. Tullo et al. (2019) verificaram que a adoção de práticas de pecuária de precisão pode reduzir o impacto ambiental da pecuária no ar, em corpos d'água e no solo por meio do controle individual dos animais, interpretação de comportamentos e apoio preciso às estratégias de manejo. Segundo Carillo e Abeni (2020), a estratégia de manejo com base nas ferramentas da pecuária de precisão, monitora e informa o produtor sobre parâmetros fisiológicos ou comportamentais individuais ou de parte do rebanho, relacionados à saúde, níveis de produção, qualidade do produto, entre outros. Essas informações permitem uma gestão mais eficiente do rebanho. Como exemplo de ferramentas da pecuária de precisão, os autores destacam os sistemas de sensores utilizados para a formulação mais precisa da dieta dos animais e sensores para vigilância eficaz de doenças no rebanho.

A pecuária de corte tem como atividades econômicas a cria, recria e engorda de animais, com produtores que trabalham em uma dessas atividades ou que se dedicam ao ciclo completo. O desenvolvimento dessas atividades em um sistema intensivo apresenta como características principais a alimentação mais intensiva na fase de recria, assim como a terminação de machos em confinamento e semiconfinamentos (MALAFAIA et al., 2021). Os confinamentos visam intensificar o ganho de peso dos animais, reduzindo assim o ciclo de produção e aumentando a eficiência por área e por animal. Uma das ferramentas fundamentais



para alcançar esse objetivo é a intensificação tecnológica (CARRER et al, 2013). O objetivo desse estudo é analisar os determinantes da adoção de tecnologias digitais na pecuária intensiva de corte no Brasil.

De acordo com a pesquisa da pecuária municipal, do IBGE, o efetivo de bovinos em 2021 foi de 224.602.112 cabeças. (dados preliminares) Já o número de abates de bovinos, teve um aumento de 11,9% em relação ao terceiro trimestre de 2021, alcançando 7,85 milhões de cabeças abatidas no terceiro trimestre de 2022 (Pesquisa trimestral do abate de animais, IBGE).

2. Revisão da literatura sobre fatores determinantes da adoção de tecnologia agrícola

O setor agropecuário brasileiro é caracterizado pela estrutura heterogênea, tendo passado por mudanças estruturais relevantes nas últimas décadas, principalmente nos sistemas de produção, antes pautados na incorporação de terras e uso intensivo de mão de obra. Atualmente, o crescimento do setor baseia-se no aumento da produtividade dos fatores, resultado do avanço tecnológico no setor (BUAINAIN et al, 2021). Por sua vez, a adoção de novas tecnologias pode ocorrer de forma não homogênea entre os produtores, sendo de relevância entender os condicionantes da adoção de tecnologias no setor.

Segundo Souza Filho et al (2011), os fatores que determinam a adoção e difusão tecnológica podem ser divididos em quatro grupos, dependendo da natureza das variáveis. São eles: características socioeconômicas e condição do produtor (capital humano, aversão ao risco, organização dos produtores e domínio da terra), características da propriedade rural e da produção (tipo de sistema de produção, localização, escala de produção, características do solo e relevo, entre outros), características da tecnologia e fatores sistêmicos (desenvolvimento regional, conjuntura macroeconômica, especificidades locais, entre outros).

Entre as características do produtor, destaca-se a importância das variáveis relacionadas ao capital humano na decisão da adoção de novas tecnologias. A escolaridade do produtor é uma proxy para capital humano utilizada em diversos estudos empíricos (WALTON et al, 2008, ANSELMINI, 2012; LAMBERT et al, 2015; MOZAMBANI, 2021). O grau de escolaridade mais elevado pode estar relacionado com a habilidade do produtor em receber informações técnicas e processá-las, em aplicar novas técnicas agrícolas ou de gestão da produção. A idade do produtor também pode impactar na adoção de novas tecnologias, refletindo características comportamentais do produtor (MOZAMBANI, 2021). Bernardi e Ynamasu (2014) mostram em seu estudo que a idade média dos adotantes de agricultura de precisão era menor quando comparada com os produtores que utilizavam sistema convencional.

O acesso à informação sobre as tecnologias é outro fator relevante na decisão de adoção, uma vez que ele diminui as incertezas dos produtores a respeito das tecnologias. Em seu estudo, Bernardi e Ynamasu (2014) destacam que as principais fontes de informação dos produtores adotantes de agricultura de precisão foram os consultores e os cursos de treinamento, seguidos por feiras e exposições, revendedores e uso da internet. As fontes de informação utilizadas pelos produtores podem variar, dependendo do cultivo, da cadeia de produção e até mesmo da localidade das propriedades. As fontes de informação podem ser desde pesquisadores e revistas científicas, até vizinhos próximos (ANSELMINI, 2012).

A escala da produção é um fator importante entre os determinantes da adoção de tecnologias. Diversos estudos empíricos apontam para seu efeito positivo na adoção, utilizando, em grande parte desses, o tamanho da propriedade como uma proxy para escala de produção, principalmente em estudos voltados para o setor agrícola (BARNES et al, 2019; ANSELMINI, 2012; BERNARDI, YNAMASU, 2014; CARRER et al, 2022). O tamanho da propriedade impacta em economias de escala, e está relacionada com maior facilidade de



acesso ao crédito rural, podendo assim, arcar com maiores riscos relacionados ao processo de inovação tecnológica. O acesso dos produtores aos recursos financeiros, seja via crédito ou tamanho da renda familiar, é outro fator determinante presente em estudos de adoção tecnológica que pode influenciar na decisão de adoção de uma nova tecnologia por parte dos produtores. Algumas tecnologias demandam um nível relevante de investimento inicial, ou apresentam custos de treinamento elevados, tornando a restrição de crédito do produtor em uma barreira à adoção (DABERKOW, McBRIDE, 2003; BERNARDI, YNAMASU, 2014).

Além dessas variáveis, a decisão de adotar uma determinada tecnologia pode ser afetada por variáveis referentes a fatores externos à fazenda, dependendo do setor a qual a atividade esteja inserida. O mercado de carne para exportação, por exemplo, é afetado por fatores externos, como exigência de certificados, câmbio, entre outros.

3. Materiais e métodos

3.1. Amostra

Os dados utilizados na análise fazem parte da pesquisa Expedição Confina Brasil, realizada pela Scot Consultoria e são referentes ao ano de 2021. A pesquisa percorre regiões brasileiras tradicionais na produção de bovinos de corte e seleciona propriedades rurais com a atividade de engorda de bovinos em sistemas de produção intensivos: semiconfinamento e confinamento. O levantamento traz informações sobre gestão, manejo, sanidade, nutrição, logística, sustentabilidade e tecnologias aplicadas na produção intensiva de bovinos de corte, coletadas em 190 fazendas localizadas em 139 municípios brasileiros (Figura 1). As atividades de coleta dos dados ocorreram entre junho e setembro de 2021, com a aplicação de dois tipos de questionários, sendo um dedicado a infraestrutura, equipamentos, manutenção de benfeitorias e descarte de dejetos das fazendas e outro relacionado a gestão, uso de tecnologias, nutrição e indicadores zootécnicos. Os questionários e as entrevistas foram conduzidas de forma presencial e direcionadas aos proprietários, gerentes ou técnicos responsáveis pelo estabelecimento rural (Benchmarking Confina Brasil, Scot Consultoria, 2021).

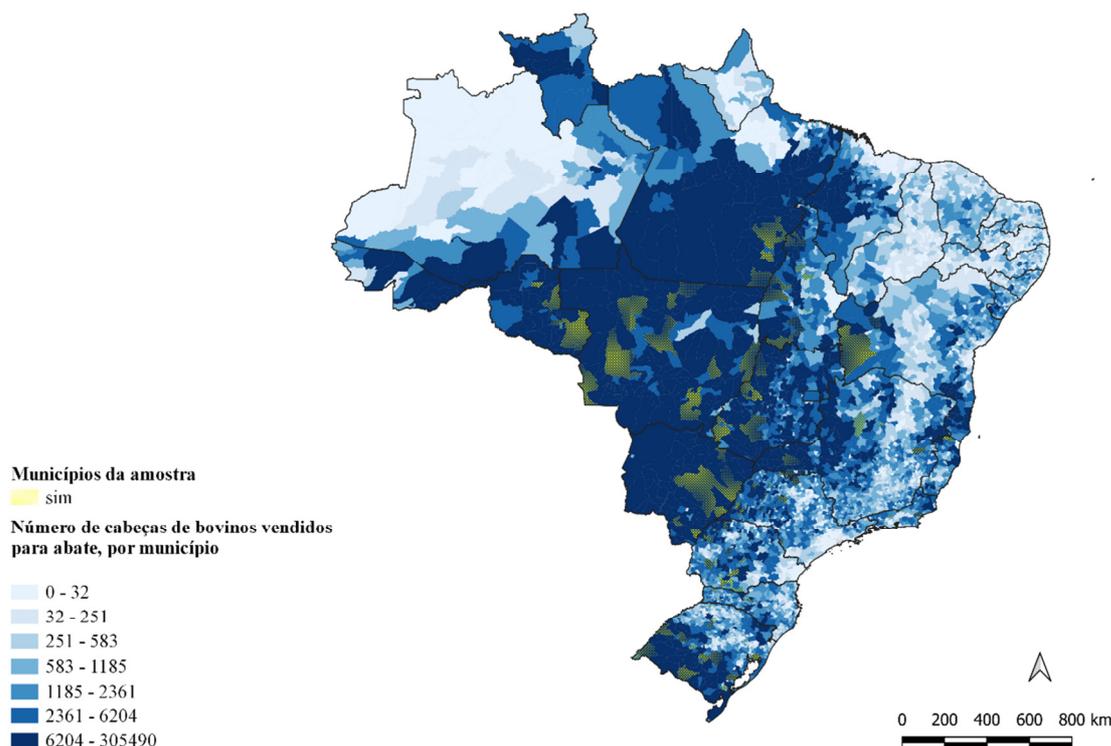


Figura 1. Mapa com a localização dos municípios brasileiros amostrados.

3.2. Análise de Correspondência Múltipla

A variável de interesse é a adoção de tecnologias digitais na produção pecuária intensiva. A base de dados apresenta informações sobre a utilização de Identificação individual dos animais com leitura eletrônica; Dispositivo eletrônico de auto-pesagem dos animais; Termografia infravermelha; Cocho com distribuição automática da ração; Bebedouro ou cocho com aferição de consumo automática; Estação meteorológica automática; Software para gestão financeira da pecuária; Software para gestão operacional do rebanho; Software para formulação da dieta dos animais; e/ou outros sensores. Para analisar as características dos pecuaristas e do sistema de produção que influenciam no uso de tecnologias digitais, foi estabelecido um gradiente de adoção de tecnologias digitais por meio da análise de correspondência múltipla (ACM).

O mapa gerado na ACM auxiliou na construção de três grupos de pecuaristas. O Grupo 1 compreende os pecuaristas que não adotam nenhuma tecnologia digital ou adotam apenas a identificação eletrônica dos animais do rebanho. Esse grupo é formado por 54 fazendas. O Grupo 2 corresponde aos adotantes de um ou mais softwares de gestão (grupo intermediário na adoção de tecnologias digitais), podendo ter a identificação individual dos animais de forma eletrônica ou não. O Grupo 2 apresenta 89 fazendas. O Grupo 3 é formado por 42 fazendas que adotam um ou mais softwares de gestão e, conjuntamente, adotam uma ou mais tecnologias digitais envolvendo automação e uso de sensores (grupo avançado na adoção de tecnologias digitais). A amostra final conta com 185 fazendas. Seis fazendas foram excluídas da análise por não corresponderem a nenhum dos três grupos definidos.

As variáveis explicativas consideradas na análise referem-se ao capital humano, escala de produção, fontes de informação, acesso aos recursos financeiros e complexidade de gestão.



A descrição e os valores médios e percentuais das variáveis explicativas, por grupo de tecnologia, estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição, média e desvio padrão (entre parênteses) das variáveis explicativas, por grupo de tecnologias.

Variável	Descrição	Gradiente de adoção de tecnologias digitais		
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Tamanho do rebanho	Número total de bois confinados em 2021	3.981,52 (6362,93)	8.742,74 (12170,11)	25.651,33 (28647,65)
Escolaridade (Escola)	1 se tomador de decisão tem ensino superior ou pós-graduação, 0 caso contrário	0,5 (0,505)	0,708 (0,457)	0,881 (0,328)
Consultoria para gestão (Consult)	1 se contrata consultoria para gestão, 0 caso contrário	0,222 (0,420)	0,360 (0,483)	0,524 (0,505)
Prestação de serviços de boitel (Boitel)	1 se a fazenda presta serviço de boitel, 0 caso contrário	0,094 (0,295)	0,284 (0,454)	0,357 (0,485)
Acesso ao crédito (Credito_invest)	1 se produtor acessou crédito para investimento em pecuária, nos últimos três anos, 0 caso contrário	0,537 (0,503)	0,472 (0,502)	0,619 (0,492)
Diversificação da produção (Diversif)	1 se há produção agrícola na fazenda, 0 caso contrário	0,907 (0,293)	0,809 (0,395)	0,833 (0,377)
Idade	categoria 1: Idade do tomador de decisão até 40 anos	0,283 (0,45)	0,477 (0,502)	0,439 (0,502)
	categoria 2: Idade do tomador de decisão acima de 40 anos	0,717 (0,455)	0,523 (0,502)	0,561 (0,502)
Ciclos de confinamento	Número de ciclos de confinamento realizado em 2021	2,02 (0,918)	2,11 (0,871)	2,45 (0,925)

Nota. * No modelo de regressão logística multinomial utilizou-se o número total de bois confinados em escala logarítmica.

Fonte: Expedição Confina Brasil, Scot consultoria (2021).

O grupo de não adotantes (Grupo 1) apresenta pecuaristas que, na média, confinam 3.981 cabeças de bois em 2 ciclos de confinamento no ano. Esse grupo apresenta o menor percentual de pecuaristas que contratam consultoria para a gestão (22%), o menor percentual

de praticantes de boitel (9,4%) e o maior percentual de pecuaristas acima de 40 anos de idade (72%).

Os pecuaristas do Grupo 3 confinaram, em média, 25.651 cabeças de boi em 2,45 ciclos de confinamento em 2021. Este grupo apresenta maior percentual de pecuaristas com ensino superior ou pós-graduação (88%) e, maior percentual de produtores que ofertam o serviço de boitel (35,7%).

3.3. Modelo de Regressão Logística Multinomial

Para analisar os determinantes da adoção de tecnologias digitais pelos confinadores, ajustou-se um modelo de regressão logística multinomial entre a probabilidade de um pecuarista estar no grupo 1 (não adotantes), no grupo 2 (adotantes intermediários) ou no grupo 3 (adotantes avançados, com maior intensidade de adoção de tecnologias digitais), e um conjunto de variáveis associado. As funções logísticas acumuladas foram ajustadas por máxima verossimilhança (PINDYCK e RUBENFELD, 2004), tendo o grupo 1, de não adotantes como o grupo de referência.

$$\log\left(\frac{\Pr(Y = j | X)}{\Pr(Y = 1 | X)}\right) = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

Onde P_{ij} é a probabilidade do i -ésimo pecuarista ser do grupo j ($j = 2$ para adotantes intermediários ou $j = 3$ para adotantes avançados), o grupo 1 (não adotantes) é o grupo base da análise. A variável dependente do modelo refere-se ao logaritmo natural da razão entre a probabilidade de o pecuarista pertencer ao grupo de adotantes de tecnologias digitais e a probabilidade de o pecuarista ser não adotante dessas tecnologias. Essa razão, conhecida como *odds*, expressa quantas vezes a chance de o pecuarista ser adotante de tecnologias digitais é maior que a chance de não adotá-las. Por sua vez, os coeficientes do modelo expressam o logaritmo dos *odds ratio*, ou seja, o logaritmo da razão de chances em virtude de uma variação unitária de X . A relação direta entre a variação de X e a variação no *odds ratio* é obtida por meio do cálculo do antilogaritmo de β_h , ou seja, e^{β_h} . A variação percentual das chances em favor de um aumento unitário de X é dada por $100(e^{\beta_h} - 1)$.

4. Resultados

Para avaliar os determinantes da adoção das tecnologias digitais pelos confinadores, foram estimados dois modelos com duas variáveis proxies para a escala de produção. O primeiro modelo (Modelo 1) utiliza o número de cabeças de bois confinadas em 2021 (em logaritmo), e o segundo modelo (Modelo 2) utiliza a capacidade estática do confinamento, estimada pela divisão do número de cabeças de bois confinados por número de ciclos de confinamento em 2021 (em logaritmo). Essa segunda variável de escala foi construída com os dados disponíveis, e reflete a infraestrutura da fazenda. Ambas variáveis proxies para a escala de produção apresentam elevada correlação (0,9101), por isso estimou-se os dois modelos. Além das variáveis referentes à escala de produção, os modelos utilizam como fatores explanatórios relacionados ao capital humano (escolaridade do tomador de decisão), acesso aos recursos financeiros (uso de crédito para investimento na pecuária), fontes de informação (contratação de consultoria para gestão), diversificação da produção (se apresenta área dedicada à agricultura) e complexidade de gestão (se presta serviços de boitel). O sistema de boitel oferece toda a infraestrutura necessária para a engorda dos animais, sendo responsável por toda a estrutura de manejo, incluindo mão de obra, trato, maquinário, entre outros (Bueno,



2022). Essa terceirização da engorda demanda, por parte do prestador de serviço, uma maior estrutura de gestão da atividade como um todo.

As estimativas de máxima verossimilhança do modelo de regressão logística multinomial (Tabela 2) para o modelo 1 mostram que a quantidade de bois confinados, assim como o fato do tomador de decisão ter ensino superior ou pós-graduação, e contratar consultoria para gestão tem impacto positivo e significativo na chance do pecuarista estar no grupo 2 de adotantes de tecnologias digitais (Softwares de gestão), em comparação ao grupo 1, de não adotantes. A diversificação da produção e a idade do tomador de decisão têm impacto negativo e significativo na chance do pecuarista estar no grupo 2, em relação ao grupo de não adotantes. A razão de risco relativo para pecuaristas que tem ensino superior ou pós-graduação é 2,138 vezes maior do que pecuaristas sem ensino superior, de estar no grupo 2 (intermediário), em relação a estar no grupo não adotantes. A razão de risco relativo para pecuaristas que contratam consultoria de gestão é 2,104 vezes maior do que para pecuaristas que não contratam consultoria. Ou seja, pecuaristas mais jovens e com ensino superior ou pós-graduação, especializados na produção pecuária, com rebanhos confinados maiores e que contratam consultoria para gestão tem mais chances de pertencerem ao grupo intermediário de adotantes de tecnologias digitais (Grupo 2), e menos chances de pertencerem ao grupo de não adotantes, do que os pecuaristas que não contratam consultoria para gestão.

Tabela 2: Estimativas do modelo de regressão logística multinomial.

Variável	Modelo 1			Modelo 2		
	Coeficientes		Razão de risco	Coeficientes		Razão de risco
Grupo 2						
Bois_conf	0,5684 (0,175)	***	1,7654 (0,308)	-		-
Bois_ciclos	-		-	0,658 (0,190)	***	1,931 (0,367)
Escola	0,7599 (0,423)	+	2,138 (0,905)	0,748 (0,432)	+	2,113 (0,913)
Consult	0,7441 (0,447)	+	2,104 (0,940)	0,9329 (0,465)	*	2,542 (1,181)
Boitel	0,6813 (0,594)		1,976 (1,174)	0,558 (0,602)		1,747 (1,052)
Credito_invest	0,0355 (0,410)		1,036 (0,425)	0,060 (0,420)		1,062 (0,446)
Diversif	-1,2379 (0,659)	+	0,290 (0,191)	-1,272 (0,675)	+	0,280 (0,189)
Idade_mais40	-0,8638 (0,424)	*	0,422 (0,179)	-0,924 (0,431)	*	0,397 (0,171)
constante	-3,3144 (1,562)		0,036 (0,057)	-3,607 (1,575)		0,027 (0,427)
Grupo 3						
Bois_conf	1,182 (0,235)	***	3,260 (0,767)	-		-
Bois_ciclos	-		-	1,242 (0,267)	***	3,461 (0,923)



Escola	1,854 (0,672)	**	6,383 (4,287)	2,552 (0,838)	**	12,827 (10,745)
Consult	1,478 (0,558)	**	4,384 (2,448)	1,680 (0,586)	**	5,366 (3,145)
Boitel	0,4437 (0,692)		1,558 (1,078)	0,628 (0,707)		1,874 (1,324)
Credito_invest	0,4899 (0,531)		1,632 (0,867)	0,4003 (0,546)		1,492 (0,815)
Diversif	-1,2251 (0,813)		0,294 (0,239)	-1,282 (0,835)		0,277 (0,232)
Idade_mais40	-0,7537 (0,541)		0,471 (0,255)	-0,917 (0,555)	+	0,3996 (0,222)
constante	-10,981 (2,262)		0,00002 (0,00004)	-11,207 (2,386)		0,000014 (0,00003)
Log likelihood	-144,144			-137,24		
LR chi2(14)	76,81			79,3		
N	173			168		

Fonte: Resultados da pesquisa. *** para $p < 0,001$; ** para $p < 0,01$; * para $p < 0,05$; + para $p < 0,10$.

As estimativas do modelo para o grupo mais intensivo na adoção de tecnologias digitais (grupo 3) mostram que a quantidade de bois confinados, o tomador de decisão ter nível superior ou pós-graduação e a contratação de consultoria para gestão afetam positivamente as chances do pecuarista estar no grupo 3, em comparação com o grupo de não adotantes (grupo 1). A razão de risco relativo de pecuaristas que tem ensino superior ou pós-graduação é 6,383 vezes maior do que de pecuaristas que não tem ensino superior, ou seja, pecuaristas com ensino superior tem mais chances de estarem no grupo 3, e menos chances de pertencerem ao grupo de não adotantes. Pecuaristas que contratam consultoria para gestão têm 4,384 vezes mais chances de pertencerem ao grupo de adotantes mais intensivos na adoção de tecnologias digitais, e menos chances de pertencerem ao grupo de não adotantes, do que pecuaristas que não contratam consultoria.

As estimativas de máxima verossimilhança para o modelo 2, com variável de escala de produção referente ao número de cabeças confinadas por ciclo mostram que a estrutura de confinamento maior, o produtor ter ensino superior e contratar consultoria para gestão tem impacto positivo e significativo nas chances do pecuaristas pertencer ao grupo 2 (adotantes intermediários de tecnologias digitais) em relação ao grupo de não adotantes, assim como também afetam positivamente as chances do produtor pertencer ao grupo 3 (adotantes avançados, mais intensivos na adoção de tecnologias digitais), em relação ao não adotantes. Pecuaristas com mais de 40 anos tem menos chances de pertencerem aos grupos de adotantes de tecnologias digitais (grupo 2 e grupo 3) do que pecuaristas com menos de 40 anos. O pecuarista que tem área dedicada à agricultura na propriedade, ou seja, que diversifica a produção e se dedica também à atividade agrícola tem menos chances de pertencer ao grupo 2 de adotantes de tecnologia do que pertencer ao grupo de não adotantes.

O modelo de regressão logística multinomial também foi ajustado para identificar quais fatores afetam a decisão do produtor em participar do grupo mais intensivo na adoção de tecnologias digitais (grupo 3) em relação ao grupo menos intensivo de adotantes de tecnologia (grupo 2). Dois modelos com variáveis diferentes para a escala de produção (quantidade de bois confinados em 2021 e proxy para capacidade estática do confinamento) foram ajustados, e os resultados são apresentados no apêndice A. Os resultados mostram que,

para os dois modelos, a escala da produção, a escolaridade do tomador de decisão (ter curso superior ou pós graduação) e contratar consultoria para gestão afetam positivamente as chances do pecuarista pertencer ao grupo mais intensivo de adotantes de tecnologia, em relação ao grupo menos intensivo.

5. Conclusão

Este trabalho avaliou os determinantes da adoção de tecnologias digitais na pecuária intensiva de corte no Brasil. Para tanto, foi criado um gradiente de adoção de tecnologias digitais, por meio de uma análise de correspondência múltipla, que identificou três grupos de pecuaristas: o grupo 1, grupo de pecuaristas que não adotam nenhuma tecnologia digital ou adotam apenas a identificação eletrônica dos animais do rebanho; o grupo 2, de pecuaristas que adotam ao menos um software de gestão e o grupo 3, com pecuaristas que adotam um ou mais softwares de gestão e ao menos uma outra tecnologia digital.

Os resultados das estimações dos modelos de regressão logística multinomial mostram que pecuaristas mais jovens e com ensino superior ou pós-graduação, especializados na produção pecuária, com rebanhos confinados maiores e que contratam consultoria para gestão tem mais chances de pertencerem ao grupo intermediário de adotantes de tecnologias digitais (Grupo 2), e menos chances de pertencerem ao grupo de não adotantes, do que os pecuaristas que não contratam consultoria para gestão. A escolaridade do pecuarista, a contratação de consultoria privada para gestão e a escala da produção são fatores importantes que afetam positivamente as chances do pecuarista pertencer ao grupo mais intensivo em tecnologia do que pertencer ao grupo de não adotantes. As estimações também demonstram que a escala da produção, a escolaridade do tomador de decisão (ter curso superior ou pós graduação) e contratar consultoria para gestão afetam positivamente as chances do pecuarista pertencer ao grupo mais intensivo de adotantes de tecnologia (grupo 3), em relação ao grupo menos intensivo (grupo 2).

Agradecimentos

À Scot Consultoria e produtores rurais pela provisão dos dados no âmbito do acordo de cooperação técnica entre Embrapa e Scot Consultoria (SAIC 2360022/0019-0). À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SEG 40.19.03.060.00.02.010). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (projeto 2022/02967-5).

Referências

- ANSEMI, A.A. **Adoção da Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- BANHAZI, T. M., LEHR, H., BLACK, J. L., CRABTREE, H., SCHOFIELD, P., Tschärke, M., BERCKMANS, D. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 5(3), 1-9. (2012).
- BANHAZI, T. M.; BLACK, J. L. Precision livestock farming: a suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. **Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering**, 7(1): 1-14. (2009).
- BARNES, A.P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUNTAS, S.; VAN DER WAL, T.; GÓMEZ-BARBERO, M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. **Land Use Policy**, v. 80, p. 163-174. 2019.



- BERCKMANS, D. General Introduction to precision livestock farming. **Animal Frontiers**, v.7, n.1, Jan.2017.
- BERNARDI, A.C.C.; INAMASU, R.Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. de C. (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa Instrumentação, 2014. p. 569-577.
- BOLFE, E. (Coord) **Agricultura Digital no Brasil. Tendências, Desafios e Oportunidades. Resultados da pesquisa online**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. 45 p.
- BUAINAIN, A.M.; CALVACANTE, P.; CONSOLINE, L. Estado atual da agricultura digital no Brasil. Inclusão dos agricultores familiares e pequenos produtores rurais. Documentos de Projetos (LC/TS.2021/61), Santiago, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2021.
- BUENO, G.M. "Conheça as modalidades de boitel." *AgroANALYSIS*. v42, n.8, p.26-27.2022
- CARILLO, F.; ABENI, F. An estimate of the effects from precision livestock farming on a productivity index at farm level. Some evidences from a Dairy farms' sample of Lombardy. **Animals**, 10, 1781. 2020.
- CARRER, M.J.; FILHO, H.M.S.F.; VINHOLIS, M.M.B. Determinants of feedlot adoption by beef cattle farmers in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.11, p. 824-830. 2013.
- CARRER, M.J.; FILHO, H.M.S.F.; VINHOLIS, M.M.B.; MOZAMBANI, C.I. Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. **Technological Forecasting & Social Change**, v.177, artigo 121510, 2022.
- COMISSÃO BRASILEIRA DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – CBAP. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Programa Agricultura de Precisão. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/projetos-e-programas/agricultura-de-precis%C3%A3o>. Acesso em 07/2022.
- DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. **Precision Agriculture**, v. 4, n. 2, p. 163–177, 2003.
- GREGO, C.R.; SPERANZA, E.A.; RODRIGUES, G.C.; LUCHIARI, JR.A.; VENDRUSCULO, L.G; RODRIGUES, C.A.G.; INAMASU, R.Y.; VAZ, C.M.P.; RABELLO, L.M.; JORGE, L.A.C.; ZOLIN, C.A.; FRANCHINI dos SANTOS, J.C.; RONQUIM, C.C. (ED). **Agricultura digital. Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa Informática Agropecuária; Campinas, 2020. Capítulo 07, p.166-191.
- MALAFAIA, G.C.; CONTINI, E. DIAS, F.R.T.; GOMES, R.C.; MORAES, A.E.L. **Cadeia produtiva da carne: contexto e desafios futuros**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2021. 48 p. (Documentos/Embrapa Gado de Corte, 291).
- MONZAMBANI, C.A. **Determinantes da adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por fornecedores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. 2021. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.28, n.1, p. 228-255, 2011.
- SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. In: GARDNER, B; RAUSSER, G. C. (Eds.) **Handbook of agricultural economics**, Amsterdam: Elsevier, p. 207-261, 2001.



Thyssen I. Agriculture in the information society. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 2000; 76(3): 297-303.

TULLO, E., FINZI, A.; GUARINO, M. Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the total environment*, 650, 2751-2760. (2019).

Apêndices

Apêndice A - Estimativas do modelo de regressão logística multinomial - base grupo 2

Variável	Modelo 1			Modelo 2		
	Coeficientes		Razão de risco	Coeficientes		Razão de risco
Grupo 1						
Bois_conf	-0,5684 (0,175)	***	0,5664 (0,099)	-		-
Bois_ciclos	-		-	-0,6578 (0,190)	***	0,5180 (0,099)
Escola	-0,7599 (0,423)	+	0,468 (0,198)	-0,7479 (0,432)	+	0,473 (0,205)
Consult	-0,7441 (0,447)	+	0,475 (0,212)	-0,9329 (0,465)	*	0,393 (0,183)
Boitel	-0,6813 (0,594)		0,506 (0,301)	-0,55783 (0,602)		0,572 (0,345)
Credito_invest	-0,3553 (0,410)		0,965 (0,396)	-0,0604 (0,420)		0,941 (0,395)
Diversif	1,2379 (0,659)	+	3,448 (2,273)	1,2723 (0,675)	+	3,569 (2,408)
Idade_mais40	0,8638 (0,424)	*	2,372 (1,006)	0,9242 (0,431)	*	2,520 (1,086)
constante	3,3144 (1,562)	*	27,506 (42,957)	3,6072 (1,575)	*	36,864 (58,068)
Grupo 3						
Bois_conf	0,6134 (0,187)	***	1,847 (0,346)	-		-
Bois_ciclos	-		-	0,5838 (0,216)	**	1,793 (0,388)
Escola	1,094 (0,614)	+	2,985 (1,832)	1,804 (0,787)	*	6,072 (4,777)
Consult	0,7340 (0,438)	+	2,083 (0,912)	0,7472 (0,452)	+	2,111 (0,955)
Boitel	-0,2376 (0,482)		0,788 (0,380)	0,0700 (0,489)		1,073 (0,525)
Credito_invest	0,4544 (0,432)		1,575 (0,681)	0,3399 (0,441)		1,405 (0,620)
Diversif	0,0128		1,013	-0,0101		0,990



	(0,571)		(0,578)	(0,576)		(0,570)
Idade_mais40	0,1101		1,116	0,0068		1,007
	(0,429)		(0,479)	(0,439)		(0,442)
constante	-7,667	***	0,00047	-7,600	***	0,00050
	(1,870)		(0,00088)	(1,9998)		(0,0010)
Log likelihood	-144,144			-137,238		
LR chi2(14)	76,81			79,3		
N	173			168		

Fonte: Resultados da pesquisa. *** para $p < 0,001$; ** para $p < 0,01$; * para $p < 0,05$; + para $p < 0,10$.