

SINERGIA

REVISTA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS (ICEAC)

RENTABILIDADE DAS LAVOURAS DE TRIGO NOS ESTADOS DO PARANÁ E RIO GRANDE DO SUL: UM ESTUDO DE DADOS EM PAINEL

DOMINGOS ISAIAS MAIA AMORIM*
CLARISSA DE ALBUQUERQUE GOMES**

RESUMO

A rentabilidade representa o retorno gerado por um investimento para um negócio. Na agropecuária, fatores como custo de produção, preço de mercado, demanda, câmbio e clima influenciam a rentabilidade. Este estudo buscou quantificar a rentabilidade das lavouras de trigo nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Foram analisados os custos de produção e os preços recebidos pelos produtores em nove municípios durante o período de 2018 a 2022, com base nos dados da Companhia Nacional de Abastecimento. O modelo econometrônico utilizado foi a análise de Dados em Painel. Os resultados indicaram que, em média, a rentabilidade foi negativa para o modal de produção avaliado, sendo os investimentos em mão de obra e sementes os principais impactadores da rentabilidade da lavoura.

Palavras-chave: custo de produção; dados em painel; efeito fixo.

PROFITABILITY OF WHEAT CROPS IN THE STATES OF PARANÁ AND RIO GRANDE DO SUL: A PANEL DATA STUDY

ABSTRACT

Profitability represents the return generated by an investment for a business. In agriculture, factors such as production cost, market price, demand, exchange rate, and climate influence profitability. This study aimed to quantify the profitability of wheat crops in the states of Paraná and Rio Grande do Sul. Production costs and prices received by producers were analyzed in nine municipalities from 2018 to 2022, based on data from the National Supply Company. The econometric model used was Panel Data analysis. The results indicated that, on average, profitability was negative for the evaluated production mode, with investments in labor and seeds being the main drivers of crop profitability.

Keywords: production costs; panel data; fixed effects.

Recebido em: 14-04-2024 Aceito em: 12-12-2025

1. INTRODUÇÃO

O trigo, uma das culturas mais antigas e cultivadas globalmente, é uma gramínea da família Poaceae que desempenha um papel crucial no setor agrícola do Brasil. Sua produção é principalmente direcionada para a fabricação de farinha utilizada na produção de pães, massas e em bebidas (Conab, 2018). Além disso, o subproduto da moagem do trigo é um importante ingrediente para a alimentação animal (Embrapa, 2021).

Conforme Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2022/2023 (quarto levantamento), realizado pela Conab (2023), o Brasil produziu 9.767,4 mil toneladas – 27,2% a mais que a safra 2021/2022 –, numa área plantada de 3.086 mil hectares, um aumento de 12,7% em relação à safra passada, e uma produtividade média de 3.165 kg/ha. No país, a produção de trigo concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, que juntos representam 87,5% da produção nacional (CONAB, 2023). A região Centro-Sul vem desportando com novas variedades e tecnologias empregadas nas lavouras de trigo, o que tem garantido uma expansão da área em outros estados brasileiros, a exemplo de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

O ciclo de produção do trigo varia de 100 a 170 dias, a depender da cultivar empregada¹ e das condições edafoclimáticas. O calendário de plantio varia de acordo com a região, sendo definido pelo

*Doutor em Economia Aplicada pela USP. E-mail: domingos_isaias@hotmail.com

** Mestre em Produção Agrícola pela UFRPEUAG. Email: clarissalbuquerque@hotmail.com

¹ No caso do trigo, diferentes cultivares são desenvolvidas e recomendadas para distintas regiões do país, conforme suas condições de solo e clima. Os cultivares de trigo comuns no Brasil incluem: BRS Parrudo, BRS 254, TBIO Toruk, BRS Sabiá, ORS Guará, entre outras, cada uma adaptada a diferentes regiões, condições climáticas e finalidades de uso.

Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), no âmbito do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), mas, de maneira geral ocorre entre março e julho. De modo geral, o ciclo da planta é dividido em cinco fases: Germinação e crescimento da plântula, afilhamento, alongamento, espigamento (aparecimento da espiga e enchimento dos grãos) e maturação. Para a colheita, os grãos devem estar duros e as plantas amareladas, com umidade ideal entre 13 e 15% (EMBRAPA, 2014).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) publicou os dados referentes à safra 2022/23 e, de acordo com este relatório, divulgado em dezembro/2022, a estimativa de área plantada de trigo no mundo é de 219,9 milhões de hectares, apresentando um recuo de 1% quando comparado à safra passada (2021/2022) e, dentre os maiores produtores de trigo, destacam-se: China, União Europeia, Índia, Rússia, Estados Unidos, Austrália, Canadá, Paquistão, Ucrânia e Turquia. O Brasil, por sua vez, figura em 14º lugar, segundo o departamento norte-americano.

No Brasil, com números e qualidade recordes na safra 2022/23, especialmente no Rio Grande do Sul, as importações do cereal em julho do presente ano fecharam cerca de 16% menores que o mesmo período do ano passado, entretanto 31,7% superiores ao mês anterior, conforme conjuntura mensal do trigo elaborada pela Conab (2023). Apesar disso, o Brasil é um significativo importador do cereal, tendo, em 2022, adquirido 2.021.602 mil toneladas, um quantitativo 15,21% menor que em 2021, dada a maior produção nacional na última safra.

Com uma elevada dependência do mercado externo, a cultura do trigo é bastante sensível a variações econômicas mundiais. Taxa de câmbio, maior ou menor liquidez, além de fatores climáticos nas principais regiões produtoras podem levar a significativas variações nos preços do cereal, o que impõe diversas dificuldades no planejamento da produção, bem como no abastecimento, implicando em muitas incertezas (Conab, 2018). Nesse contexto, uma importante variável que norteia a tomada de decisão por parte dos produtores são informações acerca dos custos de produção da lavoura, contribuindo para uma tomada de decisão mais assertiva, além de oferecer condições para melhoria de políticas públicas e programas de governo.

Diante do apresentado e em função das estreitas margens de rentabilidade das culturas, o conhecimento dos custos de produção é importante para a unidade produtiva (Conab, 2018). Segundo a metodologia da Conab (2020), os custos de produção são agrupados em quatro categorias: custos variáveis (despesas de custeio da lavoura, despesas pós-colheita, juros de financiamentos), custos fixos (depreciação e exaustão, mão de obra e encargos sociais e trabalhistas, seguro do capital fixo), custos operacionais (custos variáveis, custos fixos e renda de fatores) e custo total.

Para tanto, a Companhia realiza levantamentos dos custos de produção através de um encontro técnico entre os entes da cadeia produtiva em municípios com representatividade regional para a produção, caracterizando a unidade produtiva modal da região, ou seja, o processo produtivo mais utilizado no local. O critério de seleção da localidade para levantar os custos de produção é técnico, onde são considerados: a série histórica de produtividade do custo de produção do produto, os principais polos produtivos, de acordo com os dados do levantamento de safra e as informações utilizadas nas propostas de elaboração do preço mínimo (Conab, 2020).

Diante do exposto, portanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a rentabilidade por hectare das lavouras de trigo com base no levantamento do custo de produção do cereal nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná para o modal estudado. A Conab dispõe de dados de custo de produção nos seguintes municípios do Paraná e Rio Grande do Sul: Ubiratã – PR, Londrina – PR, Cascavel – PR, Ponta Grossa – PR, Guarapuava – PR, Capanema – PR, Passo Fundo – RS, Cruz Alta – RS e Ajuricaba – RS. Para tanto, foram utilizados os painéis de custos de produção realizados pela Conab no período de 2018 a 2022 em todos os municípios citados. Além disso, os preços recebidos em saca de 60kg pelo produtor, também coletados e disponibilizados pela Conab, em ambos os Estados, foi tomado como base para o cálculo de rentabilidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O cultivar do trigo brasileiro

A cultura do trigo no Brasil é um pilar essencial, especialmente evidente na região sul do país, com destaque para os estados do Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2018). Nessa região, a adubação nitrogenada desempenha um papel crucial, fornecendo um dos nutrientes fundamentais para o trigo e influenciando diretamente seu rendimento (COSTA et al., 2008; MEGDA et al., 2009). Além disso, as variedades recomendadas para o sul do Brasil são cuidadosamente selecionadas por suas variações nos aspectos agronômicos, visando uma adaptação ideal e maior produtividade (SILVA et al., 2015).

Enquanto isso, a região central do Brasil desponta como uma promissora fronteira para a expansão da cultura do trigo, impulsionada por suas condições favoráveis de solo, clima e topografia (SILVA et al.,

2014). Essa perspectiva oferece uma oportunidade valiosa para a diversificação e o crescimento da produção de trigo no país, fortalecendo não apenas a segurança alimentar, mas também a economia agrícola nacional. Com investimentos estratégicos e contínuos em pesquisa, o Brasil pode consolidar ainda mais sua posição como um dos principais produtores de trigo, atendendo tanto à demanda interna quanto à internacional.

A produtividade do trigo no Brasil é suscetível a uma variedade de fatores que influenciam seu rendimento final. Entre esses fatores, destaca-se a baixa participação dos perfilhos na formação da produção, ressaltando a importância de estratégias que visem otimizar esse processo para alcançar níveis de rendimento mais consistentes e satisfatórios (NUNES et al., 2011). Além disso, a tecnificação dos sistemas de produção é uma necessidade premente para assegurar a qualidade e a competitividade do trigo brasileiro em um mercado globalizado, onde os padrões de excelência são cada vez mais exigentes (NUNES et al., 2011).

Outra questão relevante é a incidência de doenças fúngicas, que representa uma preocupação significativa para os produtores de trigo. Além de ameaçar diretamente a produtividade da cultura, essas doenças também impõem custos adicionais de produção devido à necessidade de aplicação de fungicidas para controle (TANAKA et al., 2008). Nesse sentido, estratégias eficazes de manejo integrado de doenças, aliadas a práticas agrícolas sustentáveis, são essenciais para mitigar os impactos negativos e garantir a saúde e a rentabilidade dos cultivos de trigo no Brasil.

Estudos destacam a importância da rotação de culturas para otimizar o rendimento do trigo, demonstrando que a cultura de trigo pode ter uma produção superior quando cultivada em rotação em comparação com a monocultura Santos et al. (2012). Além disso, a qualidade do trigo e da farinha destinada à panificação é um aspecto crucial, com pesquisas direcionadas para avaliar e aprimorar esses atributos (APLEVIC et al., 2015).

A rotação de culturas é uma estratégia agrícola fundamental que tem sido objeto de estudos detalhados, visando não apenas a otimização dos recursos naturais, mas também a promoção da saúde do solo e o aumento da produtividade agrícola (PRESTES et al., 2002; REIS et al., 2013). Uma das abordagens mais estudadas é a utilização de leguminosas como parte da rotação, pois essas plantas têm a capacidade única de fixar o nitrogênio atmosférico no solo por meio da simbiose com bactérias do gênero Rhizobium, fornecendo uma fonte natural e sustentável de nitrogênio para os cultivos subsequentes (REIS et al., 2013). Além disso, estudos indicam que a diversificação das culturas ao longo do tempo pode reduzir a incidência de doenças e pragas, promover a biodiversidade e melhorar a estrutura do solo, resultando em um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das plantas e, consequentemente, em maiores colheitas (PRESTES et al., 2002).

Essa prática também desempenha um papel crucial na gestão da sustentabilidade agrícola, ajudando a reduzir a dependência de insumos externos, como fertilizantes químicos, e promovendo a resiliência dos sistemas de produção diante de mudanças climáticas e condições adversas (REIS et al., 2013; PRESTES et al., 2002). Portanto, a adoção consciente e estratégica da rotação de culturas não apenas beneficia os agricultores ao aumentar a eficiência e a rentabilidade das operações agrícolas, mas também contribui para a preservação do meio ambiente e para a segurança alimentar global.

Além disso, a avaliação da qualidade da farinha de trigo é fundamental, uma vez que é um componente essencial em diversos produtos alimentícios, como pães, bolos e massas (APLEVIC et al., 2015). A rotação de culturas, juntamente com a avaliação e aprimoramento da qualidade do trigo e da farinha, desempenha um papel significativo na sustentabilidade e na produtividade da cultura do trigo no Brasil.

2.2 Rentabilidade do Trigo no Brasil

A análise da rentabilidade do trigo no Brasil assume uma importância significativa, dada a relevância econômica e agrícola desse cereal no país (SANTI et al., 2018). Um amplo espectro de estudos tem abordado os diversos fatores que influenciam a lucratividade do cultivo de trigo, desde a adaptação de genótipos às condições específicas de cultivo até a influência de elementos como qualidade da luz, aplicação de biorreguladores, adubação, práticas culturais e incidência de doenças.

Sendo influenciada por diversos fatores, desde a resistência parcial à brusone dos genótipos de trigo comum e sintético até a interação entre genótipos e ambientes (Cruz et al. (2010). Estudos indicam que a baixa produtividade média das lavouras de trigo no Brasil está relacionada à pequena participação dos perfilhos na formação do rendimento final (Nunes et al., 2011). Além disso, a adaptabilidade e estabilidade de linhagens de trigo em diferentes regiões do Brasil também impactam diretamente na rentabilidade (Silva et al., 2011).

A análise da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Brasil Central demonstra a importância de estimar esses fatores para garantir a rentabilidade da cultura (ALBRECHT et al., 2007). Outro aspecto relevante é a influência das temperaturas mínima e máxima na qualidade industrial e nos rendimentos de grãos de trigo (GUARIENTI et al., 2004). Estudos apontam que a fotossíntese do trigo

depende da persistência de folhas verdes, o que destaca a importância do manejo adequado da cultura para garantir sua rentabilidade (GUARENTI et al., 2004).

A necessidade de aumentar a produção de trigo no Brasil para atender à demanda crescente também é um ponto crucial para a rentabilidade do setor (SANTI et al., 2018). A análise de cenários futuros de clima e zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil indica a necessidade de incremento na produção para garantir a rentabilidade da cultura (SANTI et al., 2018).

Por fim, a modernização da agricultura, a utilização de tecnologias adequadas, a rotação de culturas e a escolha de cultivares adaptadas são aspectos essenciais para garantir a rentabilidade do trigo no Brasil (SANTI et al., 2018)). A análise econômica de sistemas de produção de grãos, incluindo o trigo, destaca a importância de práticas culturais adequadas para maximizar a rentabilidade da cultura (BARBOSA et al., 2020).

Albrecht et al. (2007) enfatizaram a necessidade de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central, destacando a importância da seleção de variedades que sejam eficientes nesse ambiente específico. Com isso, os produtores puderam identificar quais variedades são mais adequadas para maximizar a produtividade e, consequentemente, a rentabilidade nas regiões do Cerrado.

Por outro lado, Almeida et al. (2002) abordaram a questão da baixa produtividade média das lavouras de trigo no Brasil, sugerindo uma possível relação com a contribuição limitada dos afilhos para a formação do rendimento final. Essa análise destaca a importância de entender completamente os fatores que afetam a produtividade do trigo e identificar estratégias para superar os desafios específicos enfrentados pelos agricultores brasileiros.

Explorando a otimização do cultivo de trigo, Mendes et al. (2016) investigaram a eficácia da aplicação de biorreguladores em diferentes estágios fenológicos, sublinhando a escassez de pesquisas sobre o assunto no contexto brasileiro. Esse estudo oferece uma visão valiosa sobre como esses reguladores podem influenciar o desenvolvimento da cultura e, consequentemente, o rendimento da safra. Por sua vez, Nunes et al. (2011) examinaram a importância dos adubos verdes e diferentes doses de nitrogênio no cultivo do trigo em sistema de plantio direto. Destacaram, entre os desafios a serem enfrentados, a limitada contribuição dos perfilhos para o rendimento final da cultura.

No que diz respeito à saúde da planta, Prestes et al. (2002) investigaram a incidência de manchas foliares no trigo, evidenciando a presença do fungo Bipolaris sorokiniana como um dos principais patógenos associados à cultura. Esse estudo destaca a importância da vigilância e do controle eficaz dessas doenças para garantir colheitas saudáveis e produtivas. Por fim, a pesquisa de Cruz et al. (2010) abordou a resistência parcial à brusone em genótipos de trigo, enfatizando a necessidade de estratégias de manejo para lidar com essa doença. Essa análise contribui para o desenvolvimento de abordagens mais eficientes na proteção das plantações de trigo contra a brusone, um dos principais desafios enfrentados pelos agricultores.

Aprimorando a qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo, tanto nacionais quanto importados, o estudo de Costa et al. (2008) oferece uma análise detalhada sobre a procedência dos grãos utilizados no Brasil e sua correlação com a produção de farinhas. Adicionalmente, a pesquisa ressalta a relevância da origem dos grãos na determinação da qualidade final do produto. No mesmo contexto, a digestibilidade do grão de trigo de duplo propósito é explorada por Paiano et al. (2014), com ênfase na sua importância para os produtores da região Sul do Brasil.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa é classificada, quanto à sua natureza, como uma investigação aplicada, uma vez que visa gerar conhecimentos voltados à resolução de problemas práticos, com utilidade imediata para o setor agrícola, conforme caracteriza Gil (2008). No que se refere aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva. É exploratória porque busca proporcionar maior familiaridade com o tema da rentabilidade da cultura do trigo nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, especialmente a partir da sistematização de dados econômicos pouco analisados de forma integrada (GIL, 2008). Simultaneamente, é descritiva por se propor a observar, registrar e analisar os dados de custos de produção e preços recebidos pelo produtor, sem a intenção de interferir nas variáveis estudadas, o que, segundo Vergara (2005), caracteriza estudos dessa natureza.

O estudo baseou-se nos custos de produção de trigo elaborados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) nos municípios de maior destaque nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2023). A análise abrangeu o período de 2018 a 2022, englobando os últimos cinco anos-safra em relação ao período em que este artigo era escrito. Esses anos refletem de forma atualizada o escopo do estudo para o modal de produção identificado pela Companhia.

As propriedades apresentam produtividades médias que variam de 2.800 a 3.600 kg/ha, utilizam plantio direto, possuem tamanho médio de 40ha e o sistema de cultivo emprega alta tecnologia, o que é comum no cultivo do trigo. No Paraná, a média da produtividade nos últimos cinco anos-safra foi de 2.570

kg/ha e no Rio Grande do Sul os valores são da ordem de 3.054 kg/ha. Tais valores, conforme o 12º Levantamento de safra 2022/23 da Conab (2023), estão abaixo da produtividade média em seus respectivos estados, a saber: 2.928 kg/ha no Paraná e 3.941 kg/ha no Rio Grande do Sul.

Os preços recebidos pelo produtor (saca de 60kg), pesquisados também pela Conab, foram fonte de análise para os cálculos de rentabilidade por hectare da lavoura nas regiões citadas. Para tanto, o cálculo do custo esteve associado a características da unidade produtiva, aos diversos padrões tecnológicos e aos preços de fatores em uso nas diferentes localidades. Foram calculados os custos de produção econômicos, considerados os custos explícitos, que se referem ao desembolso efetivamente realizado, e os custos implícitos que dizem respeito àqueles para os quais não ocorreram desembolsos efetivos, como é o caso da depreciação e do custo de oportunidade, que se refere ao valor que um determinado fator poderia receber em algum momento um uso alternativo, cujos componentes são: custo variável, custo fixo, custo operacional, renda de fatores e custo total.

Logo, o custo foi obtido mediante a multiplicação da matriz de coeficientes técnicos pelos preços dos fatores de produção. A Tabela 1 descreve os componentes que integraram o cálculo de custo de produção, conforme metodologia citada.

Tabela 1 – Componentes do cálculo do custo de produção.

I - Despesas com Custeio da Lavoura

- 1- Operação com animal
- 2- Operação com avião
- 3- Operação com máquinas próprias
- 4- Aluguel de máquinas e animais
- 5- Mão de obra e administrador rural
- 6- Sementes e mudas
- 7- Fertilizantes
- 8- Agrotóxicos
- 9- Receita
- 10- Outros

II - Outras Despesas

- 1- Transporte externo
- 2- Despesas administrativas
- 3- Despesas de armazenagem
- 4- Beneficiamento
- 5- Seguro da produção e do crédito
- 6- Assistência técnica
- 7- Impostos e taxas

III - Despesas Financeiras

- 1- Juros de financiamento

IV - Depreciações

- 1- Depreciação de benfeitorias e instalações
- 2- Depreciação de máquinas, implementos e conjuntos de irrigação
- 3- Depreciação do cultivo ou exaustão do cultivo

V - Outros Custos Fixos

- 1- Manutenção periódica de benfeitorias e instalações
- 2- Encargos sociais
- 3- Seguro do capital fixo
- 4- Arrendamento

VI - Renda de Fatores

- 1- Remuneração esperada sobre o capital fixo e sobre o cultivo
- 2- Terra própria

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas informações da CONAB (2020).

Os valores dos custos de produção e preços recebidos pelo produtor foram deflacionados de forma a corrigi-los para valores reais equivalentes ao mês de dezembro de 2022, sendo este o período final da análise. Para o cálculo, foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE.

O método estatístico empregado na análise dos dados em questão foi a utilização de modelos econométricos de Dados em Painel (BALTAGI, 2008). Esse método é mais indicado para a análise de uma

base de dados com observações em duas dimensões (uma espacial e outra temporal), onde a mesma unidade de corte transversal é acompanhada por uma extensão de tempo. Entre as vantagens desse tipo de análise em painel, destaca-se a detecção e a medição de efeitos mais precisos do que os obtidos por meio de corte transversal e séries temporais puras (BALTAGI, 2008). Tais vantagens proporcionam uma investigação mais aprofundada da dinâmica do comportamento das unidades observadas, permitindo a consideração do efeito de variáveis não observadas. Além disso, o uso de dados em painel permite uma maior quantidade de observações, o que aumenta o número de graus de liberdade e reduz a colinearidade entre as variáveis explicativas.

No entanto, é importante destacar que os dados em painel, por serem analisados ao longo do tempo, demandam muitas observações e, consequentemente, são mais complexos de serem implementados (HSIAO, 2002). Isso implica a necessidade de uma quantidade substancial de informações e, caso o período de análise seja curto, é preciso muitos indivíduos para compensar essa limitação. Em suma, embora os dados em painel ofereçam a vantagem de tipificar as respostas de diferentes indivíduos a determinados eventos em momentos distintos (MARQUES, 2000), sua aplicação demanda recursos consideráveis e uma cuidadosa consideração das condições específicas do estudo.

Portanto, a análise de dados em painel é uma abordagem valiosa para compreender a dinâmica do comportamento das unidades observadas ao longo do tempo, permitindo a consideração de efeitos não observados e proporcionando resultados mais precisos do que os obtidos por meio de métodos tradicionais como corte transversal ou séries temporais isoladas. No entanto, sua implementação requer uma quantidade significativa de observações e indivíduos, tornando-a uma escolha mais desafiadora em termos de recursos e complexidade metodológica.

Diante do exposto, as variáveis utilizadas no modelo foram: a produtividade, a receita bruta por hectare, a rentabilidade proveniente do cultivo de trigo, operação com máquinas, mão de obra, sementes, fertilizantes e defensivos.

O modelo geral (pooled) de dados em painel (com k variáveis explicativas) é representado pela seguinte equação:

$$Y_{iy} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde, Y_{it} representa a variável explicada (rentabilidade por hectare), com $i = 1, \dots, N$ indivíduos e $t = 1, \dots, T$ períodos (2018 a 2022); β_0 capta a heterogeneidade, ou seja, o efeito individual, características das unidades que não variam ao longo do tempo; X_{kit} representa K variáveis explicativas (operação com máquinas, mão de obra, sementes, fertilizantes e defensivos) com $k = 1, \dots, K$; e ε_{it} é o termo de erro distribuído idêntica e independentemente com média zero e variância constante [$\varepsilon_i \sim iid(0, \sigma_\varepsilon^2)$].

Ponto de relevo a considerar na classe de modelos de dados em painel é o efeito de variáveis não observadas pelo pesquisador, denominadas genericamente como “heterogeneidade não observada”. Nesta classe de modelos, como expresso na Equação 1, o erro é assim decomposto:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{it} &= \eta_i + u_{it} \\ Y_{iy} &= \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \eta_i + u_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

sendo que, η_i representa a heterogeneidade não observada e u_{it} o termo de erro do modelo. Restrição importante sobre o comportamento de η_i é que ele deve variar apenas entre as unidades *cross-section* e não à extensão do tempo.

Dependendo do método utilizado para estimar os parâmetros do modelo 2, a inclusão de η_i ajuda a controlar ou eliminar o problema de variáveis omitidas, tão comum em muitos contextos empíricos.

Este modelo gera dois modelos típicos que são estimados de acordo com as pressuposições que fazemos a respeito da possível correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas X_{kit} : modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios.

1 - Modelo de Efeito Fixo:

O modelo de Efeito Fixo pode ser representado da seguinte forma:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

onde a principal característica deste modelo é tratar os β_0 's como variáveis aleatórias não observadas e correlacionadas com algum X_{it} .

Tal modelo tem como objetivo controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre indivíduos e permanecem constantes ao longo do tempo. O erro possui distribuição normal, a variância é constante e não são correlacionados. Portanto, os coeficientes angulares são constantes e o intercepto varia entre os indivíduos.

Conforme Hill e Judge [1993], a fim de verificar se as suposições sobre este modelo são adequadas é importante realizar o teste F de Chow, onde as hipóteses nula e a alternativa são as seguintes:

$$\begin{cases} H_0: \beta_{01} = \beta_{02} = \dots = \beta_{0k} \\ H_1: \text{os interceptos } \beta_{0i} \text{ não são todos iguais} \end{cases} \quad (4)$$

Pelo teste F, quando se rejeita H_0 , conclui-se que os interceptos não são todos iguais, atendendo a suposição do modelo de n interceptos diferentes. Logo, o modelo de Efeito Fixo é preferível ao modelo Pooled.

2 - Modelo de Efeitos Aleatórios:

Já o modelo de Efeitos Aleatórios pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta X_{it} + u_{it} \quad (5)$$

onde o estimador de efeitos aleatórios considera o erro combinado, isto é, $u_{it} = v_{it} + \varepsilon_{it}$ e pressupõe que v_i é iid com variância σ_v^2 e que ε_{id} é iid variância σ_ε^2 . Pode-se mostrar que $V_{(u_{it})} = \sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2$ e que

$$\text{Cov}_{(u_{it}, u_{is})} = \sigma_v^2, t \neq s. \text{ Logo, } \rho_u = \text{Cov}_{(u_{it}, u_{is})} = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_\varepsilon^2}, \text{ para todo } t \neq s.$$

Nesse modelo, são mantidas as suposições do modelo de efeitos fixos, isto é, o intercepto varia de um indivíduo para outro, mas não ao longo do tempo, e os parâmetros de resposta são constantes para todos os indivíduos e em todos os períodos.

A diferença entre eles refere-se ao tratamento do intercepto, onde este modelo considera que os indivíduos sobre os quais dispõe-se de dados são amostras aleatórias de uma população maior de indivíduos. Possui, portanto, variância constante e média zero. Logo, o erro é monocedástico.

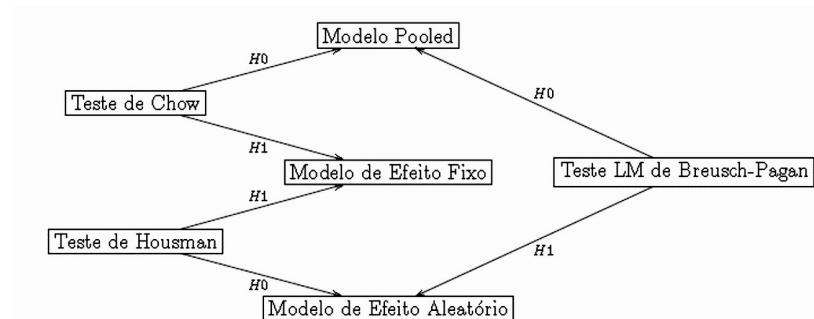
Com fins de avaliar o modelo de efeitos aleatórios e o modelo Pooled, Breusch e Pagan (1980) desenvolveram um teste baseado no Multiplicador de Lagrange (LM), definindo duas hipóteses:

$$\begin{cases} H_0: \sigma_\alpha^2 = 0 \\ H_1: \sigma_\alpha^2 \neq 0 \end{cases} \quad (6)$$

onde se $H_0 = 0$, o modelo Pooled é preferível. Caso contrário, deve-se assumir que o modelo de efeitos aleatórios é melhor para os dados que estão sob análise.

Por fim, para decidir entre o modelo de efeito fixo e o de efeito aleatório, emprega-se o teste de Hausman (1978), no qual a hipótese nula significa a não existência de correlação entre as variáveis explicativas e, portanto, o modelo de efeito aleatório é o mais indicado.

Figura 1 – Conexão entre as hipóteses nulas e alternativas dos testes aplicados ao Modelo de Dados em Painel



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Fernandes (2019).

Assim, o painel construído contou com os 9 municípios e 2 estados em 5 períodos (2018 a 2022). Para escolha do modelo com efeitos mais ajustados empregou-se os testes Breusch e Pagan, F de Chow e o teste de Hausman (1978). Após os testes, rejeitaram-se os modelos pooled e de efeitos aleatórios, recomendando o modelo de regressão de dados em painel com Efeitos Fixos Robusto e Clusterizado, a fim de mitigar os problemas de autocorrelação e heterocedasticidade evidenciado nos testes das premissas. Além disso, a utilização desse modelo com controle para efeito fixo garante tanto o controle das características observáveis, quanto as características não observáveis, que são fixas no tempo, minimizando possível viés de seleção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Descritiva

A análise descritiva dos dados apresentados na Tabela 2 mostra as percepções abrangentes sobre a produção de trigo no estado do Paraná, destacando tanto aspectos positivos quanto desafios enfrentados pelos agricultores. Inicialmente, é observado que a produtividade média é de 52,14 sacas por hectare, indicando um desempenho razoável da produção de trigo na região. No entanto, o desvio padrão relativamente alto de 5,62 sugere uma variabilidade considerável na produtividade entre os agricultores. Essa variabilidade é corroborada por estudos que indicam que a adaptabilidade das culturas a diferentes condições climáticas, afetadas por variáveis como temperatura e precipitação, pode influenciar diretamente a produtividade (Santi et al., 2018).

Em relação à receita bruta, a média de R\$ 4.046,31 por hectare é encorajadora, indicando um potencial significativo para a geração de renda na produção de trigo. No entanto, o desvio padrão de R\$ 1.144,66 revela uma variabilidade considerável nos ganhos dos agricultores, possivelmente relacionadas a fatores como a escolha de cultivares, práticas de manejo e acesso a insumos de qualidade (Santi et al., 2018). A existência de tais discrepâncias nos rendimentos pode indicar a necessidade de políticas de suporte e capacitação para melhorar as práticas agrícolas e possibilitar uma maior estabilidade nos ganhos financeiros dos produtores.

Uma preocupação significativa surge ao analisar a rentabilidade média, que é negativa (-967,07). Isso indica que, em média, os agricultores estão enfrentando prejuízos em suas operações de produção de trigo. A ampla variação nos resultados financeiros, conforme evidenciado pelo desvio padrão elevado de R\$ 974,51, destaca a vulnerabilidade econômica enfrentada pelos agricultores. Esse resultado se alinha com observações de que muitos produtores de grãos, incluindo o trigo, enfrentam dificuldades financeiras devido ao aumento dos custos de insumos e à flutuação de preços no mercado (Silva et al., 2011).

Em relação aos custos de produção, observa-se que os gastos com tratores e colheitadeiras, mão de obra, sementes, fertilizantes e defensivos representam uma parcela significativa dos custos totais. Embora esses insumos sejam essenciais para garantir uma produção eficiente e de alta qualidade, os agricultores precisam encontrar um equilíbrio delicado entre maximizar a produtividade e minimizar os custos para melhorar a rentabilidade de suas operações.

Tabela 2 – Estatística descritiva - Paraná

Variáveis	Média	p25	p50	p75	Desvio Padrão	Variância	CV	Máximo	Mínimo
Produtividade	52.14	48.33	51.95	58.33	5.62	31.53	0.11	60	41.67
Receita Bruta	4,046.31	3,071.36	3,961.70	5,063.83	1,144.66	1,310,245.00	0.28	5,897.78	2,317.97
Rentabilidade	-967.07	-1,667.57	-1,004.35	-275.02	974.51	949,663.80	-1.01	1,082.05	-3,209.89
Tratores e colheitadeiras	303.06	223.45	268.37	359.84	140.65	19,783.76	0.46	733.56	82.66
Mão de obra	171.69	71.28	121.35	301.11	114.89	13,199.69	0.67	339.48	44
Sementes	375.37	264.75	342	488.6	145.59	21,197.58	0.39	684	154
Fertilizantes	1,068.16	596.5	839.08	1,298.33	683.74	467,504.10	0.64	3,063.99	480.05
Defensivos	570.79	424.61	526.13	696.8	225.88	51,020.97	0.4	1,139.72	231.31

Fonte: Dados originais da pesquisa

A análise descritiva dos dados apresentados na Tabela 3, referentes à produção de trigo no estado do Rio Grande do Sul, fornece um panorama abrangente da situação econômica e produtiva dos agricultores nesta região.

Primeiramente, a produtividade média é relatada como 50,91 sacas por hectare, com um desvio padrão de 3,86. Isso sugere uma menor variabilidade na produtividade em comparação com o estado do Paraná, como indicado pelo desvio padrão mais baixo. No entanto, a média e a distribuição dos dados (percentis 25, 50 e 75) mostram uma produtividade ligeiramente inferior em comparação com o Paraná, o que pode indicar uma consistência maior entre os produtores. Essa estabilidade pode ser uma vantagem estratégica e pode ter implicações diretas na rentabilidade, já que a homogeneidade nos níveis de produtividade pode potencialmente facilitar a implementação de melhorias e adaptações nas práticas agrícolas (Brezolin et al., 2017).

Apesar de a média de produtividade ser ligeiramente inferior à do Paraná, é crucial reconhecer que a disposição dos dados em percentis (25, 50 e 75) também indicam uma estratégia fundamental para entender o desempenho agrícola. A receita bruta média de R\$ 3.578,91 por hectare, com um desvio padrão de R\$ 1.062,70, sugere a variação nos ganhos financeiros dos agricultores, assim como a necessidade de estratégias eficazes de comercialização e gestão financeira para maximizar o potencial econômico da produção de trigo. No entanto, a referência de Domingues et al. Domingues et al. (2013) não aborda diretamente a produção de trigo e, portanto, é removida.

A rentabilidade média é negativa, alcançando -403,93, o que indica um cenário desafiador para os agricultores do Rio Grande do Sul. No entanto, é importante observar que a dispersão dos dados é significativa, conforme evidenciado pelo desvio padrão alto de 1.296,09. Isso sugere que há uma ampla gama de resultados financeiros entre os agricultores, com alguns enfrentando perdas consideráveis e outros conseguindo lucrar. Em relação aos custos de produção, observa-se uma tendência semelhante à do Paraná, com gastos significativos em tratores e colheitadeiras, mão de obra, sementes, fertilizantes e defensivos. Esses custos representam um desafio adicional para os agricultores, especialmente considerando a rentabilidade negativa média.

Tabela 3 – Estatística descritiva – Rio Grande do Sul

Variáveis	Média	p25	p50	p75	Desvio Padrão	Variância	CV	Máximo	Mínimo
Produtividade	50.91	48.33	48.33	55	3.86	14.91	0.08	57	45
Receita Bruta	3,578.91	2,505.95	3,152.40	4,302.05	1,062.70	1,129,322.00	0.3	5,462.64	2,451.14
Rentabilidade	-403.93	-1,129.15	-141.35	448.41	1,296.09	1,679,856.00	-3.21	1,899.63	-3,448.74
Tratores e colheitadeiras	260.28	190.23	227.19	272.54	136.64	18,670.96	0.52	731.32	182.63
Mão de obra	180.75	77	213.48	246.52	81.26	6,603.31	0.45	282.56	66.8
Sementes	359.92	247.5	290.5	487.5	148.9	22,171.51	0.41	660	210
Fertilizantes	943.9	505.5	652.8	1,095.28	630.26	397,226.70	0.67	2,503.53	401.25
Defensivos	456.42	306.49	360.85	485.42	282.11	79,584.75	0.62	1,267.06	248.69

Fonte: Dados originais da pesquisa

No estudo da Conab (2018), levando em consideração o mesmo modal de produção, no qual foram analisados os custos de produção e a rentabilidade do trigo ao longo de nove anos (2009-2017), também foi verificado que durante a maior parte do período estudado, a rentabilidade por hectare foi negativa tanto no Paraná quanto no Rio Grande do Sul. Além disso, cerca de 30% do total do custeio foi com fertilizantes, ratificando o observado no presente estudo.

Apesar dos resultados de rentabilidade observados, a área plantada com trigo vem crescendo ao longo dos anos no Brasil, especialmente a partir de 2020, em que, nos dois últimos anos aumentou cerca de 47,3%, conforme dados da Conab (2023), em seu Portal de Informações Agropecuárias. A produção, por sua vez, apresenta ganhos na ordem de 53% no mesmo período. Há de se registrar, todavia, a escalada dos preços dos insumos, combustíveis, mão de obra e demais insumos necessários à produção ao longo dos últimos três anos, decorrente da pandemia de Covid-19. Sendo este, possivelmente, um fator importante para os resultados observados nesse grupo nos anos recentes.

4.2 Resultados do modelo econométrico

Conforme Tabela 4, a qual compara os três modelos de dados em painel, em se tratando do GLS Model, as variáveis tratores e colheitadeiras, mão de obra e defensivos não apresentaram evidência estatística significante em nenhum nível analisado. A variável sementes apresentou significância ao nível de 5%, indicando que a cada um ponto percentual investido em sementes, tende a existir um aumento de 3,587% em termos de rentabilidade.

Tabela 4 – Apresentação dos outputs dos modelos em painel.

Covariadas	GLS Model	Fixed-effects	Randon-Effects
Tratores e colheitadeiras	-1.569 (2.477)	-5.802* (3.104)	-1.569 (2.503)
Mão de obra	-1.674 (2.023)	7.104** (2.676)	-1.674 (1.856)
Sementes	3.587** (2.204)	4.165** (1.655)	3.587 (1.502)
Fertilizantes	-1.268** (0.903)	-1.292* (0.573)	-1.268 (0.540)
Defensivos	0.577 (1.518)	1.257 (2.271)	0.577 (1.975)
Constant	-336.5 (783.862)	-1225* (596.996)	-336.5 (682.838)

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023)

Nota: * p<0.10; ** p<0.05; ***p<0.01; Erro padrão robusto entre parênteses

Para o modelo de Efeito Fixo, a variável defensivos agrícolas não apresentou evidência estatística significante em nenhum dos níveis avaliados. Por outro lado, investimentos em mão de obra e sementes indicam evidências estatísticas para o aumento da rentabilidade, no nível de 5%. Diante do exposto, a cada um ponto percentual investido em mão de obra e sementes, tende a existir um retorno, em termos de rentabilidade, de 7,1% e de 4,2%, respectivamente. E com relação a investimentos em fertilizantes não foram observados retornos positivos em termos de rentabilidade no modelo estudado, apesar de ser um item que onera demasiadamente os custos da atividade.

Esses resultados corroboram o que foi observado pela Embrapa (2021), onde verificou-se que investimentos em genética (com cultivares certificadas e adaptadas às especificidades das regiões) e um manejo correto no trigo chegam a gerar uma economia de até R\$400,00 (Quatrocentos reais) por hectare. Sementes de alto padrão oferecem ao produtor um ajuste no volume de sementes empregadas por hectare, bem como otimiza o tempo de uso de defensivos agrícolas, mantendo a rentabilidade da lavoura (Rabe et al., 2023).

Por fim, quanto ao modelo de efeitos aleatórios, não houve significância estatística para nenhuma das variáveis em estudo.

Tabela 5 – Resultados dos testes de Breusch-Pagan; F de Chow e Teste de Hausman

	Teste Breusch-Pagan	F de Chow	Teste de Hausman
χ^2	1.16		16.17
F		3.63	
Prob	0.1406	0.000	0.0064

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Quanto aos resultados dos testes selecionados para a escolha do modelo mais parcimonioso, os dados estão apresentados na Tabela 5. O teste de Breusch-Pagan auxiliou na não rejeição da hipótese nula de que há adequação do modelo POLS em relação ao modelo de efeitos aleatórios. Na sequência, por meio do teste F de Chow, que é apresentado ao se estimar o modelo de efeitos fixos, rejeita-se a hipótese nula de que há igualdade de interceptos e inclinações para todos os municípios (POLS). Por fim, o teste de Hausman auxiliou na rejeição da hipótese nula de que o modelo de efeitos aleatórios oferece estimativas dos parâmetros mais consistentes, já que, para este caso, $\chi^2 = 16,17$ (sig. $\chi^2 = 0,0064$). Desta forma, o modelo mais parcimonioso, logo, selecionado a partir dos testes expostos foi o Modelo de Efeitos Fixos.

Fernandes (2019), ao utilizar dados em painel para tratar informações de mortalidade infantil em sua pesquisa, também verificou que o modelo de efeitos fixos se ajustou bem aos seus dados. Num outro estudo,

realizado por Sallaberry *et al.* (2022), no qual foram analisados os determinantes do gasto público em educação em municípios de Mato Grosso do Sul, os testes realizados também indicaram a aplicação de dados em painel com efeitos fixos robusto e clusterizado, assim como no presente estudo. Guedes *et al.* (2021), avaliando os efeitos do microcrédito rural sobre a produção agropecuária na região nordeste, também verificou que o modelo de efeitos fixos se ajustou bem aos dados, tendo obtido resultados significantes.

Diante do exposto, a análise dos dados utilizando o modelo de dados em painel com efeitos fixos robustos e clusterizados demonstrou que mão de obra e sementes acabam influenciando de maneira mais significativa as respostas de rentabilidade para o grupo estudado. O produtor, portanto, diante dessa ferramenta, possui capacidade de priorizar os investimentos a serem realizados nas lavouras, identificando as variáveis mais sensíveis de respostas. Logo, tais dados podem contribuir no melhor gerenciamento da propriedade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados e a aplicação do modelo econométrico revelaram uma realidade incontestável: a cultura do trigo enfrenta um desafio considerável em termos de rentabilidade devido ao alto custo variável em comparação com a receita bruta. As margens estreitas demandam uma atenção cuidadosa por parte da cadeia produtiva, visando garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômica dessa atividade agrícola.

É notável que, dentro do grupo em estudo, os investimentos em mão de obra e sementes emergem como os principais impulsionadores das variações nos rendimentos observados. Isso sugere a necessidade de estratégias específicas para otimizar esses recursos e maximizar o retorno sobre o investimento, buscando equilibrar custos e receitas de forma eficaz.

Como contribuição, este artigo oferece uma análise empírica atualizada e direcionada à realidade dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, destacando os principais componentes que afetam a rentabilidade por hectare das lavouras de trigo. A partir do levantamento detalhado dos custos de produção, o estudo fornece subsídios para a tomada de decisão tanto por parte dos produtores quanto de formuladores de políticas públicas, além de preencher lacunas na literatura ao quantificar a influência de fatores produtivos específicos sobre o desempenho econômico da cultura.

No entanto, é importante reconhecer algumas limitações do presente estudo. Entre os pontos fracos do artigo, destaca-se a falta de consideração de variáveis externas que podem influenciar a rentabilidade da cultura do trigo, tais como condições climáticas extremas, flutuações de preços de mercado e políticas governamentais. Além disso, a análise poderia se beneficiar de uma abordagem mais detalhada sobre a eficiência dos diferentes métodos de cultivo e manejo, assim como da inclusão de variáveis socioeconômicas que impactam a tomada de decisões dos produtores.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos mais abrangentes e longitudinais que incorporem uma gama mais ampla de variáveis e considerem diferentes cenários econômicos e climáticos. Além disso, seria interessante investigar os efeitos das práticas de agricultura sustentável, como a rotação de culturas e o manejo integrado de pragas, na rentabilidade da cultura do trigo. Outra área de pesquisa promissora seria explorar o potencial de novas tecnologias, como a agricultura de precisão e a biotecnologia, para otimizar os processos de produção e reduzir os custos operacionais.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, J. C. VIEIRA, E. A., SILVA, M. S., ANDRADE, J. M. V. D., SCHEEREN, P. L., TRINDADE, M. D. G., YAMANAKA, C. H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1727-1734, 2007. DOI: 10.1590/s0100-204x2007001200009
- ALMEIDA, Milton Luiz de. SANGOLI, L., TRENTIN, P. S., GÁLIO, J. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de filhos e acumulação de massa seca. **Ciência Rural**, v. 32, p. 377-383, 2002. DOI: 10.1590/s0103-84782002000300003
- APLEVIC, K. S.; SOUZA, S.; NALEVAIKO, F. S. Evaluation of wheat flour samples and their use in breadmaking. 2015. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v17n3p263-270
- BALTAGI, Badi Hani; BALTAGI, Badi H. **Econometric analysis of panel data**. Chichester: Wiley, 2008.
- BREZOLIN, A. P., MANTAI, R. D., MAROLLI, A., da MAMMANN, A. T. W., SCREMIN, A. H., SCREMIN, O. B., da SILVA, J. A. G. Predição do Rendimento de Grãos Frente as Doses e Épocas do Fornecimento de Nitrogênio no Sistema Soja/Trigo. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 5, n. 1, 2017.
- BREUSCH, Trevor S.; PAGAN, Adrian R. The Lagrange multiplier test and its applications to model

- specification in econometrics. **The review of economic studies**, v. 47, n. 1, p. 239-253, 1980.
- BROCA, Ângela. **Estudo da qualidade do trigo e da farinha de trigo destinada a panificação em um moinho no sul do Brasil**. 2021. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Fronteira Sul, Paraná.
- Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. A cultura do trigo: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017. Compêndio de estudos CONAB. 2018
- Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. Norma Metodológica do Custo de Produção – NOC 30.302. 2020
- Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. (2023). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Safra 2022/23, v.10, n. 4. 2023.
- COSTA, M. G., SOUZA, E. L. D., STAMFORD, T. L. M., ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 220-225, 2008. DOI: 10.1590/s0101-20612008000100031
- CRUZ, M.F. A., PRESTES, A. M., MACIEL, J. L., SCHEEREN, P. L. Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 024-031, 2010. DOI: 10.1590/s1982-56762010000100004
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]. Sistemas de Produção Embrapa. Cultivo de Trigo (2^a ed.). 2014
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]. Redução de custos de produção no trigo com genética de qualidade e manejo eficiente. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, v. 14, p. 594-598. 2021.
- Fernandes, M. M. C. E. **Aplicação de dados em painel para tratar informações de mortalidade infantil**. Dissertação (Mestrado em Modelos de Decisão e Saúde). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- GUEDES, Isabela Assis; ALMEIDA, Aléssio Tony Cavalcanti; SIQUEIRA, Liedje Bettizaide Oliveira de. Efeitos do microcrédito rural sobre a produção agropecuária na região Nordeste: evidências do Programa Agroamigo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, p. e210774, 2020.
- HAUSMAN, Jerry A. Specification tests in econometrics. **Econometrica: Journal of the econometric society**, p. 1251-1271, 1978.
- GRIFFITHS, William E.; HILL, R. Carter; O'DONNELL, Christopher J. Working Papers in Econometrics and Applied Statistics. 1999.
- HSIAO, Cheng. **Analysis of panel data**. Cambridge university press, 2022.
- MARQUES, Luís David. Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura. **Centro de estudos Macroeconómicos e Previsão, faculdade de Economia do Porto**, v. 30, n. 3, p. 37, 2000.
- MEGDA, M. M., BUZZETTI, S., ANDREOTTI, M., TEIXEIRA FILHO, M. M. C., VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1055-1060, 2009. DOI: 10.1590/s1413-70542009000400016
- MENDES, M. C., GABRIEL, A., VIDAL, L. H. I., JUNIOR, O. P., FARIA, M. V., JUNIOR, O. A. C. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 476-480, 2015. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2620
- DA SILVA NUNES, Anísio. de SOUZA, L. C. F., VITORINO, A. C. T., & de SOUZA MOTA, L. H. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1375
- PAIANO, D. NANTES, C. L., KRAHL, G., TUBIN, J. S. B., CONTE, R. A., DAL PIVO, J. C. Digestibilidade do grão de trigo de duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, produzido em sistema agroecológico ou convencional para suínos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4Supl, p. 2767-2778, 2014. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n4supl2767
- PRESTES, Ariano Moraes; SANTOS, Henrique Pereira dos; REIS, Erlei Melo. Práticas culturais e incidência de manchas foliares em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 791-797, 2002. DOI: 10.1590/s0100-204x2002000600008

RABÉ, Mahamane Moctar; BAOUA, Ibrahim B.; BARIBUTSA, Dieudonne. Enhancing Cowpea Productivity in the Sahel: Exploring Seed Access among Smallholder Farmers in South-Central Niger. **Horticulturae**, v. 9, n. 12, p. 1287, 2023.

REIS, W. P. Baliza, D. P., de Resende, P. M., ALBUQUERQUE, A. D., dos PASSOS, A. M. A. Comparação de sistemas de cultivo (Plantio Direto e Convencional) e de cultivares de trigo, em sucessão à soja. 2011. DOI: 10.37856/bja.v86i1.83

SALLABERRY, J., Santos, E. A. D., Pereira, P. H. D. S. M., Brum, D. L.. Determinantes do gasto público em Educação nos municípios do estado do Mato Grosso do Sul. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 30, p. 979-999, 2022.

SANTI, Anderson et al. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, 2017.

DA SILVA, Aldo AV et al. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 180-187, 2014. DOI: 10.1590/s1415-43662014000200008

DA SILVA, J., Silva, I. A., Teixeira Filho, M., Buzetti, S., Teixeira, M. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 27-33, 2015. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p27-33

SILVA, A. H., Camargo, C. E. D. O., Ferreira Filho, A. W. P., Felício, J. C. Desempenho agronômico de linhagens de trigo em diferentes ambientes no Sudoeste paulista. **Bragantia**, v. 70, p. 262-270, 2011. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052011000200003>

TANAKA, Maria Aparecida de Souza; FREITAS, José Guilherme de; MEDINA, Priscila Fratin. Incidência de doenças fúngicas e sanidade de sementes de trigo sob diferentes doses de nitrogênio e aplicação de fungicida. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 313-317, 2008. DOI: 10.1590/s0100-54052008000400002

United States Department of Agriculture [USDA]. (2023). Foreign Agricultural Service.

