

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

FELIPE BILIK

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE TRIGO
(*TRITICUM AESTIVUM* L.) SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO NO RIO GRANDE
DO SUL**

Alegrete

2025

FELIPE BILIK

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE TRIGO
(*TRITICUM AESTIVUM* L.) SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO NO RIO GRANDE
DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof.^a. Dra. Fátima Cibéle Soares

Alegrete

2025

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B595a Bilik, Felipe

Avaliação da qualidade tecnológica de cultivares de trigo (*triticum aestivum* L.) Sob
diferentes manejos de solo no rio grande do sul / Felipe Bilik.

41 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2025. "Orientação: Fátima Cibéle Soares".

1. *Triticum aestivum*. 2. drenagem. 3. sulco camalhão. 4. produtividade. 5. Trigo. I. Título.

Felipe Bilik

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* L.) SOB DIFERENTES MANEJOS DE SOLO NO RIO GRANDE DO SUL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 18, julho de 2025.

Banca examinadora:

Prof^a Dr^a Fátima Cibele Soares
Orientadora
(UNIPAMPA)

Me. Eng. Agríc. Cleber Millani Rodrigues
(UNIPAMPA)

Prof^a Dr^a. Lanes Beatriz Acosta Jaques
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **FATIMA CIBELE SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/07/2025, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CLEBER MILLANI RODRIGUES, ENGENHEIRO-AREA**, em 22/07/2025, às 19:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LANES BEATRIZ ACOSTA JAQUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/07/2025, às 08:09, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1792880** e o código CRC **9BA86E13**.

“A agricultura já não é uma profissão, mas uma paixão pela natureza, pela vida verdadeira, pelo nascer, crescer, florir e madurar.”

Ana Primavesi

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) constitui-se como uma das principais culturas de inverno no Brasil, apresentando significativa importância socioeconômica, especialmente na região Sul. Nesse contexto, destaca-se como alternativa viável para a diversificação das práticas agrícolas, aumento de renda e melhoria da sustentabilidade dos sistemas produtivos, principalmente em áreas com histórico de sucessão entre arroz e pecuária. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico do trigo cultivado com e sem a utilização da técnica de sulco-camalhão em uma área com características de várzea, situada no município de Alegrete – RS. A área experimental apresentou baixa declividade e uma camada de impedimento ao escoamento profundo da água, o que causou acúmulo hídrico na superfície por períodos prolongados, dificultando a aeração do solo e o desenvolvimento radicular da cultura. O experimento foi conduzido com oito cultivares distintas de trigo, em delineamento em faixas, com dois tratamentos principais de manejo do solo: com e sem a técnica de sulco-camalhão. Foram avaliadas as variáveis produtividade, peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e número de grãos por espiga. Os resultados evidenciaram que, nos tratamentos que permitiram a germinação e o desenvolvimento, o sistema de sulco-camalhão não influenciou significativamente a produtividade (Sac/ha) e o peso hectolitro (PH), refutando as hipóteses iniciais de aumento para essas variáveis. No entanto, a observação crucial de ausência de germinação e desenvolvimento da cultura no tratamento sem qualquer manejo de drenagem (quadrante sem sulco-camalhão ou drenagem) validou a premissa de que a técnica de sulco-camalhão ou alguma forma de drenagem é essencial para o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura em condições de excesso hídrico em áreas com características de várzea. O sulco-camalhão mostrou efeitos positivos em variáveis como o número de grãos por espiga, sendo fundamental para garantir o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura em condições de excesso hídrico, já que a ausência de germinação foi observada no tratamento sem drenagem. As cultivares de trigo apresentaram comportamentos distintos entre si, com destaque para a X BIO FUSÃO na produtividade e peso de mil grãos, e a T BIO CAPAZ para o peso hectolitro, reforçando a importância da escolha de cultivares adaptadas para áreas com restrições hídricas.

Palavras-Chave: *Triticum aestivum*, drenagem, camalhão, produtividade, baixa drenagem.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) stands as one of the main winter crops in Brazil, showing significant socioeconomic importance, especially in the Southern region. In this context, it emerges as a viable alternative for the diversification of agricultural practices, income generation, and improvement of the sustainability of production systems, particularly in areas with a history of rice and livestock succession. The present study aimed to evaluate the agronomic performance of wheat cultivated with and without the use of the furrow-bed technique in a lowland area, located in the municipality of Alegrete – RS. The experimental area exhibited low declivity and an impeding layer for deep water runoff, which caused water accumulation on the surface for prolonged periods, hindering soil aeration and the root development of the crop. The experiment was conducted with eight distinct wheat cultivars, in a strip-plot design, with two main soil management treatments: with and without the furrow-bed technique. The evaluated variables were yield, thousand-grain weight (TGW), hectoliter weight (HW), and number of grains per spike. The results showed that, in the treatments that allowed germination and development, the furrow-bed system did not significantly influence yield (Bags/ha) and hectoliter weight (HW), refuting the initial hypotheses of increase for these variables. However, the crucial observation of the absence of germination and crop development in the treatment without any drainage management (quadrant without furrow-bed or adjacent drainage) validated the premise that the furrow-bed technique or some form of drainage is essential for crop establishment and development under excessive moisture conditions in lowland areas. The furrow-bed showed positive effects on variables such as the number of grains per spike, being fundamental to ensure crop establishment and development under excessive moisture conditions, since the absence of germination was observed in the undrained treatment. Wheat cultivars exhibited distinct behaviors among themselves, with X BIO FUSÃO standing out in yield and thousand-grain weight, and T BIO CAPAZ for hectoliter weight, reinforcing the importance of choosing adapted cultivars for areas with water restrictions.

Keywords: *Triticum aestivum*, drainage, ridge-furrow, yield, poor drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização	17
Figura 2 – Estação total	18
Figura 3 – Multisulcadora Bastiani	19
Figura 4 – Trator NH TL 75	19
Figura 5 – Semeadora.....	20
Figura 6 – Sentido Delineamento	21
Figura 7 – Delineamento.....	22
Figura 8 – Motomco 999E.....	25
Figura 9- Dados Climaticos	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fases Fenológicas do Trigo e Períodos de Ocorrência Registrados no Experimento, Alegrete, RS, 2023.....	23
Tabela 2– Resumo da análise de variância para às variáveis referentes a qualidade tecnológica de grãos de trigo produzidos em diferentes manejos de solo (Com sulco-camalhão e sem sulco-camalhão), e cultivares de trigo (TBIO AUDAZ, TBIO CALIBRE, TBIO CAPAZ, TBIO ELLO CL, TBIO PONTEIRO, TBIO TRUNFO e XBIO FUSÃO), na safra agrícola 2023.....	30
Tabela 3 – Número de grãos por espiga em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.....	31
Tabela 4 – Número de grãos por espiga em função das cultivares de trigo. Alegrete, RS, 2023.....	32
Tabela 5 – Peso de Mil Grãos (PMG) em função das cultivares de trigo. Alegrete, RS, 2023.....	33
Tabela 6 – Produtividade (Sacas/ha) em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.....	34
Tabela 7 – Produtividade (Sacas/ha) em função das cultivares de trigo (excluindo	34
Tabela 8 – Peso Hectolítrico (kg/hl) em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.....	35
Tabela 9 – Peso Hectolitro (kg/hl) em função das cultivares de trigo (excluindo TBIO ASTRO). Alegrete, RS, 2023.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos.....	12
1.1.1	Objetivo geral.....	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
1.2	Hipóteses.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Controle da Água na Agricultura e sua Importância.....	14
2.2	Evolução das Ferramentas para Gestão da Água na Agricultura.....	15
2.3	Sulco-camalhão e o aumento da produtividade	16
3	METODOLOGIA	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	Dados Climáticos.....	27
4.2	Número de Grãos por Espiga	30
4.3	Peso de Mil Grãos	32
4.4	Produtividade.....	33
4.5	Peso Hectolítrico (PH)	34
5	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) se destaca como uma das principais culturas de inverno no Brasil, tendo relevância socioeconômica, especialmente no Sul do país. No estado do Rio Grande do Sul, o cultivo dessa planta é fundamental, ajudando a diversificar as práticas agrícolas e a aumentar a renda dos agricultores, sendo uma alternativa viável para a rotação de culturas, especialmente na fronteira oeste, onde há grande sucessão de arroz e gado. No entanto, a produção em áreas com características de várzea enfrenta desafios únicos, como a saturação do solo e a insuficiência de oxigênio nas raízes, causadas pela dificuldade na drenagem profunda, o que resulta no acúmulo de água na superfície e pode afetar de maneira significativa o desenvolvimento da cultura e sua produtividade.

Considerando essas restrições, têm sido analisadas e implementadas técnicas de manejo do solo que promovem a drenagem superficial e aeração das raízes, visando proporcionar o rendimento agrícola do trigo em ambientes mais úmidos. Uma dessas técnicas é o sulco-camalhão, que envolve a criação de camalhões elevados entre sulcos, facilitando o escoamento da água superficial e reduzindo a probabilidade de alagamentos temporários, técnica esta que mostrou ótimos resultados com a soja.

A implementação dessa metodologia, que já é amplamente utilizada em plantações de soja e milho, tem gerado interesse no cultivo de trigo em regiões com característica de várzea, oferecendo uma opção para tornar sua produção viável em locais com drenagem inadequada. Contudo, pesquisas que analisem o efeito do sistema de sulco-camalhão na produtividade do trigo nessas circunstâncias ainda são limitadas.

Neste cenário, o intuito deste estudo é analisar a produtividade do cultivo de trigo em área com características de várzea que utiliza a técnica de sulco-camalhão, em comparação a uma área de controle que não adota essa abordagem.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do sistema sulco-camalhão sobre a produtividade e a qualidade dos grãos de trigo, em condições de solo com baixa condutividade hidráulica na fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul.

1.1.2 Objetivos específicos

- I. Avaliar a produtividade da cultura do trigo em área com características de várzea, comparando o desempenho em sistema sulco-camalhão e em área testemunha;
- II. Comparar os valores de peso hectolítrico (PH) dos grãos de trigo provenientes dos dois sistemas de manejo;
- III. Contribuir com informações técnicas que orientem o manejo do trigo em áreas de várzea, visando maior eficiência produtiva e qualidade comercial;

1.2 Hipóteses

- I. Maior produtividade de grãos na área com sulco-camalhão em relação à testemunha.
- II. Aumento do peso hectolítrico (PH) dos grãos na área manejada com sulco-camalhão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas mais cultivadas no mundo, sendo um dos principais componentes da dieta humana por sua ampla utilização na produção de pães, massas e outros derivados. No Brasil, embora a cultura enfrente limitações edafoclimáticas em diversas regiões, ela tem se consolidado no Sul do país, especialmente nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, que juntos representam mais de 80% da produção nacional (CONAB, 2023). Sua produção não apenas contribui para a segurança alimentar, mas também reduz a dependência de importações, especialmente em um país que historicamente apresenta déficit na produção do cereal.

Na região Sul do Brasil, o cultivo do trigo é tradicional e representa uma importante fonte de renda para os agricultores. No Rio Grande do Sul, o cereal ganha protagonismo como alternativa de diversificação agrícola em áreas dominadas por monoculturas de verão, como soja e milho, além de compor sistemas de rotação que melhoram a estrutura do solo e reduzem a incidência de pragas e doenças (Santos et al., 2020).

A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, em particular, apresenta características únicas para a produção agrícola, com extensas áreas utilizadas historicamente para o cultivo de arroz irrigado e a criação de gado. A introdução do trigo nesse contexto representa uma oportunidade estratégica para diversificar o sistema produtivo, otimizando o uso do solo e permitindo a sucessão de culturas com melhor aproveitamento do ambiente edafoclimático da região (Fioreze et al., 2020). O cultivo do trigo nessa região está fortemente associado à agricultura familiar e aos sistemas de rotação com arroz irrigado e pecuária, predominantes em áreas com características de várzea, ou seja, em solos com baixa condutividade hidráulica que apresentam dificuldade de drenagem profunda, resultando em acúmulo de água na superfície.

A presença desses solos hidromórficos, frequentemente mal drenados, limita o potencial produtivo da cultura devido à baixa oxigenação radicular, compactação superficial e alagamentos temporários (Parfitt et al., 2009). Para superar essas limitações, têm-se desenvolvido estratégias de manejo adaptadas, como o sistema sulco-camalhão, que consiste na formação de camalhões (elevações do solo onde as plantas são semeadas) intercalados por sulcos, permitindo o escoamento da água em excesso. Esse sistema, além de favorecer a drenagem superficial, proporciona um microambiente mais adequado para o desenvolvimento do sistema radicular, reduz o encharcamento e melhora o aproveitamento de nutrientes (Pinto et al., 2012). Segundo a Embrapa Clima Temperado (2010), a adoção dessa técnica em áreas sistematizadas com declividade mínima tem mostrado incremento na produtividade de culturas como soja, milho e feijão, e mostra-se promissora também para o trigo. A implantação de práticas adaptadas como essa potencializa a viabilidade do cultivo

em áreas com baixa condutividade hidráulica, enfrentando os desafios de drenagem e favorecendo o desenvolvimento da planta (Silva et al., 2021).

Além do rendimento de grãos, a qualidade do trigo é um critério essencial para a comercialização, sendo avaliada por diversos parâmetros, entre eles o peso hectolítrico (PH). O PH é uma medida da densidade dos grãos, expressa em quilogramas por hectolitro (kg/hl), e reflete aspectos como o grau de enchimento, sanidade e uniformidade dos grãos colhidos (Franco & Riede, 2012). Valores mais elevados de PH estão associados a grãos mais pesados e bem formados, o que aumenta o rendimento de farinha na indústria moageira e melhora a qualidade final dos produtos panificáveis (Sosnowski et al., 2018; EMBRAPA TRIGO, 2022).

Condições ambientais adversas, como excesso de chuvas na fase de enchimento dos grãos ou deficiência nutricional, podem reduzir o PH, comprometendo o valor comercial do trigo. Em áreas com características de várzea, o encharcamento do solo pode interferir na absorção de nutrientes essenciais, como nitrogênio e potássio, reduzindo o enchimento dos grãos e, conseqüentemente, o peso hectolítrico (Caires et al., 2006). Nesse sentido, o sistema sulco-camalhão pode atuar de forma indireta sobre o PH ao melhorar o ambiente radicular, reduzindo estresses abióticos e favorecendo o pleno desenvolvimento da cultura.

A Instrução Normativa nº 38/2010 do Ministério da Agricultura estabelece que o peso hectolítrico mínimo para o trigo tipo 1 é de 78 kg/hl, sendo esse um parâmetro exigido pelas indústrias moageiras na compra do produto. Portanto, o monitoramento e a análise do PH são fundamentais para avaliar não apenas a produtividade, mas também a viabilidade econômica do cultivo, especialmente em ambientes mais desafiadores como os solos com baixa condutividade hidráulica. Segundo estudos de Santos et al. (2019) e Oliveira et al. (2021) apresentam que melhorias no manejo do solo ; incluindo a correção da acidez e a adoção de sistemas de cultivo como o sulco-camalhão proporcionam impactos positivos tanto na produtividade quanto na qualidade tecnológica dos grãos.

2.1 Controle da Água na Agricultura e sua Importância

A gestão adequada da água na agricultura é fundamental para garantir a produtividade e a sustentabilidade das lavouras, especialmente em regiões sujeitas à saturação hídrica, como as áreas de várzea. Segundo Silva et al. (2016), a agricultura é responsável por cerca de 87% da captação mundial de água, o que reforça a necessidade de práticas eficientes de manejo hídrico para reduzir desperdícios e aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais.

O controle da água no solo influencia diretamente a disponibilidade de oxigênio para as raízes, o que é essencial para o bom desenvolvimento das culturas. Em áreas mal

drenadas, a falta de aeração pode causar estresse às plantas, impactando negativamente seu desenvolvimento, absorção de nutrientes e, conseqüentemente, sua produtividade (EMBRAPA, 2018).

Para enfrentar esses desafios, vêm sendo estudadas e implementadas práticas conservacionistas, como o uso do sistema sulco-camalhão, que melhora a drenagem superficial e evita o encharcamento. Essa técnica consiste na formação de elevações lineares no solo (camalhões), separadas por sulcos, permitindo o escoamento do excesso de água e mantendo a zona radicular mais aerada. Além disso, essa prática reduz a compactação do solo, favorece o desenvolvimento radicular e contribui para uma melhor estrutura física do solo (EMBRAPA, 2014).

Outra estratégia recomendada é a adoção de sistemas de irrigação eficientes e o monitoramento da umidade do solo, visando aplicar água de forma precisa e na quantidade necessária. Segundo Faria et al. (2014), a aplicação criteriosa da água, aliada a boas práticas agronômicas, pode elevar significativamente a produtividade e a qualidade das culturas.

Essas medidas são particularmente importantes no contexto da região Sul do Brasil, onde o cultivo de trigo em áreas de várzea exige atenção especial ao manejo hídrico para mitigar os efeitos negativos da saturação do solo, especialmente durante os períodos de maior pluviosidade.

2.2 Evolução das Ferramentas para Gestão da Água na Agricultura

Nos últimos anos, houve uma verdadeira transformação digital na gestão da água, com o surgimento de sensores de umidade do solo, estações meteorológicas automatizadas e sistemas de irrigação controlados por software e conectados à internet. Ferramentas como tensiômetros, sensores capacitivos e plataformas de agricultura de precisão são cada vez mais utilizadas para monitorar as condições do solo e do clima em tempo real, otimizando o momento e a quantidade de água a ser aplicada (COELHO et al., 2020).

Além disso, tecnologias como imagens de satélite, drones e softwares de sensoriamento remoto têm sido empregadas para mapear o estresse hídrico das lavouras e planejar estratégias de manejo mais eficientes. Esse conjunto de ferramentas favorece a tomada de decisões baseadas em dados, elevando a produtividade e reduzindo o desperdício hídrico (ANDRADE et al., 2022).

No contexto de áreas de várzea, como a utilizada neste experimento, essas ferramentas podem ser complementares às práticas físicas de manejo de água, como a formação de sulco-camalhão, que visa o controle da drenagem superficial e da saturação do solo. Assim, a integração entre práticas conservacionistas e ferramentas tecnológicas de gestão hídrica representa um caminho promissor para o aumento da eficiência produtiva e da

sustentabilidade agrícola.

2.3 Sulco-camalhão e o aumento da produtividade

O sistema sulco-camalhão tem se destacado como uma técnica eficaz para melhorar a produtividade de culturas em áreas com problemas de drenagem, como as terras baixas do Rio Grande do Sul. Essa prática consiste na formação de camalhões (elevações) onde as culturas são plantadas, intercalados por sulcos que facilitam o escoamento da água, reduzindo o encharcamento e promovendo melhor desenvolvimento radicular.

Estudos recentes demonstram aumentos significativos na produtividade com o uso dessa técnica. Em experimentos conduzidos pela Embrapa Clima Temperado, observou-se um incremento de até 26 sacas por hectare na produção de grãos em áreas manejadas com sulco-camalhão, em comparação com áreas tradicionais (EMBRAPA, 2021). De maneira semelhante, Agrolink (2023) reportou um aumento médio de 28,2 sacas por hectare na cultura da soja, representando um ganho de aproximadamente 37% na produtividade.

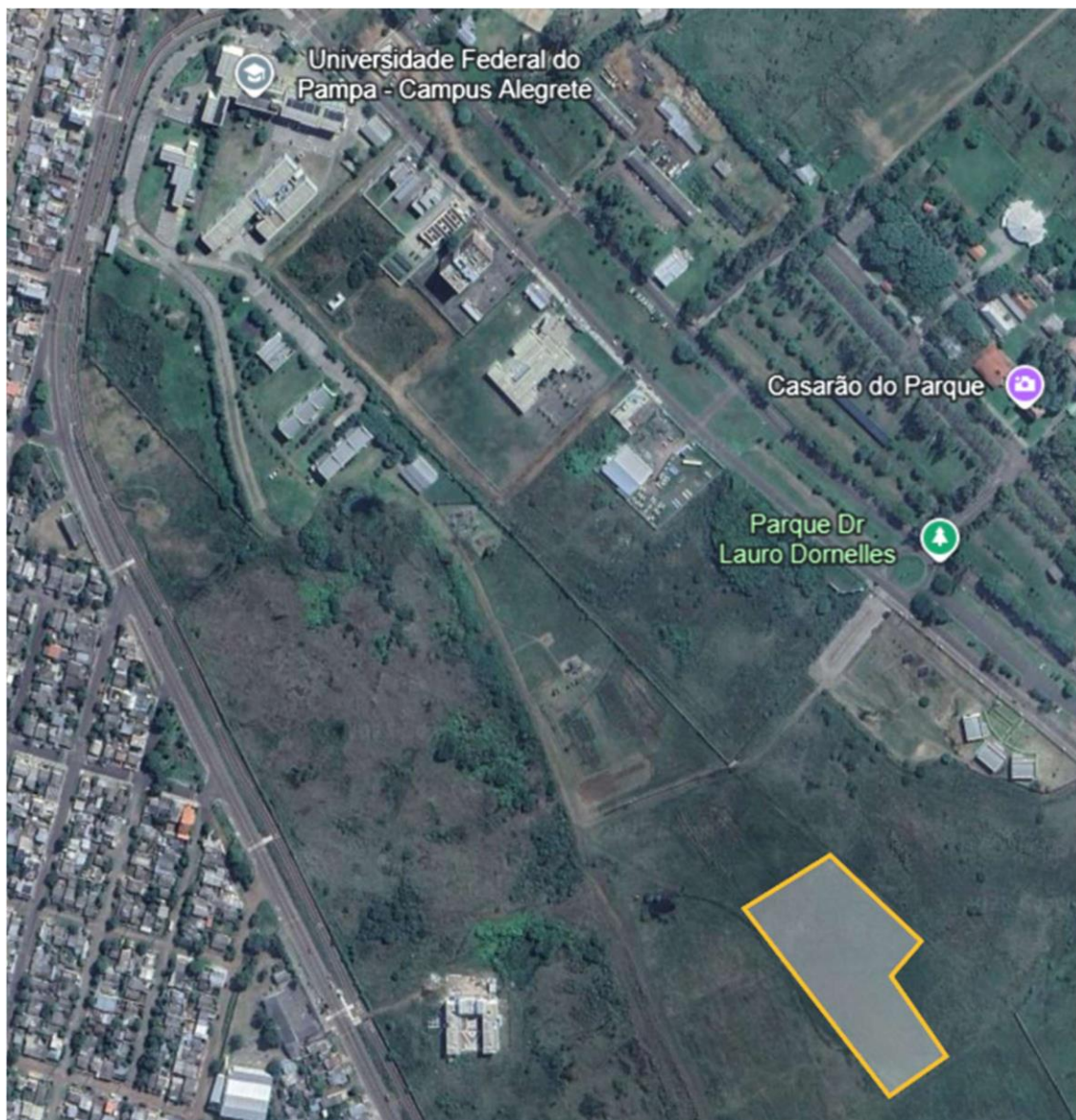
Embora a maioria dos estudos concentre-se em culturas como soja e milho, os princípios do sulco-camalhão são aplicáveis também ao trigo, especialmente em regiões com solos hidromórficos. A técnica melhora a drenagem e a aeração do solo, fatores cruciais para o desenvolvimento saudável do trigo. Além disso, a estabilidade proporcionada pelo sistema sulco-camalhão pode reduzir as perdas de produtividade causadas por condições climáticas adversas, como excesso de chuvas ou estiagens (EMBRAPA, 2021).

A viabilidade econômica do sistema também é destacada. Segundo a Embrapa (2021), o custo médio para a implementação do sulco-camalhão é estimado em R\$ 637,00 por hectare, valor que pode ser rapidamente compensado pelos ganhos em produtividade e pela redução dos riscos associados a solos encharcados.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental do curso de engenharia agrícola (figura 1) da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, no município de Alegrete, Rio Grande do Sul. A localização geográfica exata do experimento é 29°47'41.93" S de latitude e 55°45'52.69" O de longitude.

Figura 1 – Localização da área experimental



Fonte: (Google Earth Pro, 2023). [Universidade Federal do Pampa, campus alegrete], [30/04/2024].

Alegrete apresenta clima classificado como Cfa – subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação climática de Köppen. Esse tipo climático caracteriza-se por verões quentes e úmidos, invernos brandos e distribuição regular de chuvas ao longo do ano, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013).

Para o preparo da área experimental, foi realizada a coleta de dados plaltimétricos

com o auxílio de uma estação total, (figura 2).

Figura 2 – Estação total



Fonte: do autor.

A partir desses dados, foram elaboradas curvas de nível para identificação da declividade do terreno, área experimental apresentou uma declividade geral baixa, característica de ambientes de várzea. No entanto, foi observada uma variação na declividade entre os tratamentos, com a área sob o sistema de sulco-camalhão (Tratamento A1) apresentando uma declividade de 0,7%, enquanto a área testemunha 1,3%. A declividade reduzida favorece o uso de técnicas de conservação de solo e manejo de água, como o sulco-camalhão, que tem se mostrado eficiente em áreas com má drenagem superficial (OLIVEIRA et al., 2019).

O sulcamento foi realizado dia 29 de junho de 2023 utilizando uma multisulcadora da marca Bastiani (figura 3), equipada com quatro hastes aladas e um rolo compactador, que foi responsável por conferir firmeza e definição à crista do camalhão. Adicionalmente, uma roda compactadora deu o acabamento final no mesmo sentido dos sulcos. A máquina, originalmente equipada com cinco hastes, foi ajustada para quatro, com espaçamento de 1,35 m entre hastes. Essa modificação se deu devido à potência do trator disponível – um New Holland TL 75 de 75 cv (Figura 4) –, visando evitar patinamento excessivo.

Figura 3 – Multisulcadora Bastiani utilizada no estudo.



Fonte: do autor.

Figura 4 – Trator NH TL 75 usado no experimento.



Fonte: do autor.

A semeadura foi realizada em 6 de julho de 2023 com uma semeadora Vence Tudo (figura 5) para culturas de inverno, com nove linhas e espaçamento de 20 cm, utilizando densidade de 120 kg/ha, conforme práticas recomendadas para o cultivo de trigo na região Sul (EMBRAPA, 2023).

Figura 5 – Semeadora utilizada.



Fonte: do autor.

Para a aferição da semeadora visando uma densidade de semeadura de 120 kg/ha, foram considerados os seguintes parâmetros: a roda motriz possui perímetro de 1,52 metros e foi girada manualmente por 20 voltas. A semeadora utilizada foi composta por 9 linhas de distribuição, com espaçamento de 0,20 metros entre elas. Com esses dados, estimou-se que a área simulada durante o teste corresponde a 54,72 m². Assim, a quantidade ideal de sementes a ser coletada e pesada ao final do procedimento foi de aproximadamente 656,6 gramas, permitindo ajustar com precisão a taxa de semeadura desejada antes da operação em campo. Sendo este o valor do somatório de todas as linhas e podendo ser dividido pelo número de linhas para a obtenção do valor por linha, 72,95 gramas por linha.

O delineamento (figura 6) experimental adotado foi em faixas (strip trials) cada tratamento com quinze metros, permitindo comparar o comportamento de diferentes cultivares em dois ambientes distintos: com e sem a técnica de sulco-camalhão. Foram utilizadas oito cultivares da Biotrigo Genética: TBIO ASTRO, TBIO AUDAZ, TBIO CALIBRE, TBIO CAPAZ, TBIO ELLO CL, TBIO

PONTEIRO, TBIO TRUNFO e XBIO FUSÃO, conforme recomendação de adaptação regional (BIOTRIGO, 2023).

Figura 6 – Sentido Delineamento visto no campo.



Fonte: (Google Earth Pro, 2023). [Universidade Federal do Pampa, campus alegrete], [30/04/2024].

As setas vermelhas representam o sentido de deslocamento da semeadora, enquanto as setas pretas indicam o sentido dos sulcos e da drenagem superficial. Em relação aos quadrantes representados (1, 2 e 3), eles correspondem, respectivamente, às seguintes condições experimentais: Quadrante 1 – área com drenagem, mas sem o uso do sistema sulco-camalhão; Quadrante 2 – área com drenagem e com o sistema sulco-camalhão implantado; Quadrante 3 – área sem drenagem e sem o sistema sulco-camalhão.

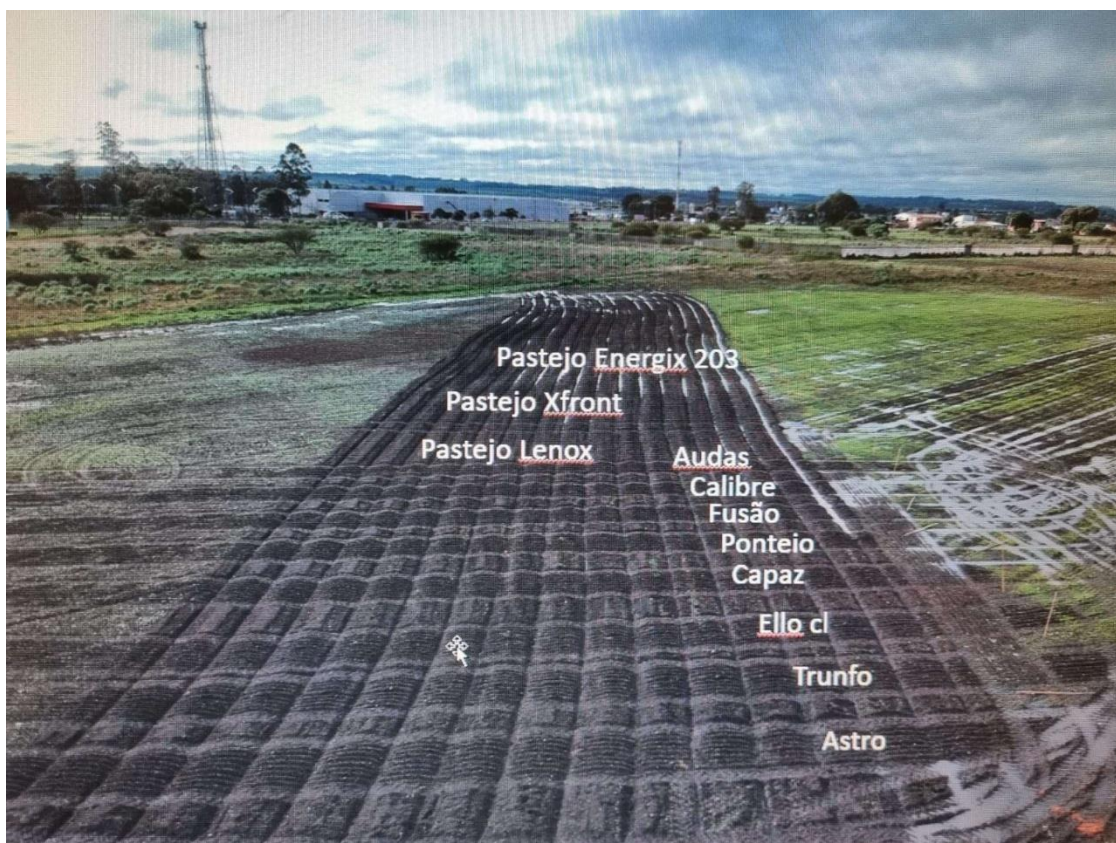
O delineamento com dois fatores:

- Fator A (manejo do solo):
 - A1 – Com sulco-camalhão;
 - A2 – Testemunha (sem sulco-camalhão);

- Fator B (cultivares):
 - TBIO ASTRO (B1);
 - TBIO TRUNFO (B2);
 - TBIO ELLO CL (B3);
 - TBIO CAPAZ (B4);
 - TBIO PONTEIRO (B5);
 - XBIO FUSÃO (B6);
 - TBIO CALIBRE (B7);
 - TBIO AUDAZ (B8).

As parcelas foram organizadas em faixas longitudinais, com repetição por bloco, e as coletas foram feitas em pontos aleatórios e por metro linear em cada faixa (figura 7) a semeadura foi realizada na transversal dos sulcos para maior integridade da parte estrutural dos mesmos, o solo estava úmido e a janela de plantio já estava se encerrando com poucos dias de condições propícias para executar o experimento ocasionado pelo excesso de chuvas.

Figura 7 – Vista do delineamento à campo.



Fonte: do autor.

Para uma compreensão detalhada do desenvolvimento da cultura do trigo ao longo do

experimento, as fases fenológicas foram monitoradas e são apresentadas na Tabela 1. É importante ressaltar que, apesar de as cultivares de trigo apresentar ciclos de desenvolvimento distintos em condições ideais, para fins deste experimento, as datas de semeadura e colheita foram padronizadas, tratando-as de forma homogênea em relação aos Dias Após Semeadura (DAS). As descrições resumidas das fases refletem o período estimado para a cultura como um todo no ambiente experimental.

Tabela 1 - Fases Fenológicas do Trigo e Períodos de Ocorrência Registrados no Experimento, Alegrete, RS, 2023.

Fase	Período estimado	Dias após semeadura (DAS)	Descrição resumida
Germinação e emergência	06/07 a 13/07/2023	0 – 7 DAS	Raiz e plântula emergem
Perfilhamento	14/07 a 06/08/2023	8 – 30 DAS	Emissão de perfilhos
Alongamento	07/08 a 27/08/2023	31 – 52 DAS	Alongamento do colmo
Emborrachamento	28/08 a 04/09/2023	53 – 60 DAS	Formação da espiga dentro do colmo
Espigamento	05/09 a 15/09/2023	61 – 71 DAS	Espiga emerge e flores aparecem
Floração	16/09 a 25/09/2023	72 – 81 DAS	Polinização e fecundação
Grão leitoso	26/09 a 15/10/2023	82 – 101 DAS	Grãos se formam com conteúdo leitoso
Grão pastoso	16/10 a 30/10/2023	102 – 116 DAS	Grãos endurecendo, ainda úmidos
Maturação fisiológica	31/10 a 20/11/2023	117 – 137 DAS	Grãos completam o enchimento
Colheita	27/11/2023	144 DAS	Grãos secos e prontos para colheita

Fonte: do autor.

As colheitas foram realizadas manualmente com auxílio de tesoura, colhendo as espigas em seu ponto de maturação fisiológica, em 27 de novembro de 2023. foram coletadas três amostras aleatórias por tratamento, além de uma coleta padronizada por metro linear, com o objetivo de garantir representatividade estatística e avaliar a produtividade (SANTOS et al., 2018).

As espigas colhidas foram trilhadas a mão e os grãos resultantes foram utilizados para análises de qualidade e produtividade. Foram determinados:

- Produtividade por metro linear (sc/ha);

$$Produtividade \left(\frac{sc}{ha} \right) = \frac{M * 10.000}{n * d * l * 60}$$

Onde:

M = massa total de grãos colhidos (kg)

n = número de linhas colhidas

d = espaçamento entre linhas (m)

l = comprimento colhido por linha (m)

60= peso da saca em kg

- Peso de mil grãos (PMG), por meio de balança de precisão; Retirada da amostra mil grãos onde os mesmo são pesados em balança com precisão de 0,01 gramas, o valor obtido após a pesagem é o PMG.

- Peso hectolítrico (PH) e umidade dos grãos, utilizando o equipamento Motomco 999E (figura 8).

- Numero de grãos contidos em 10 espigas (NPG), contabilizando o numero de sementes manualmente.

Motomco 999E calcula automaticamente a densidade aparente da massa de grãos em kg por hectolitro (kg/hl) através do peso da amostra dividido pelo volume do recipiente.

Figura 8 – Motomco 999E



Fonte: do autor.

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada com o objetivo de avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a produtividade do trigo e seus componentes, como peso de mil grãos (PMG), peso hectolítrico (PH) e umidade dos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar:

- O efeito individual dos fatores manejo (com ou sem camalhão) e cultivar;
- A interação entre os fatores (manejo x cultivar).

Caso haja significância estatística ($p \leq 0,05$), foi aplicado o teste de Tukey para comparação de médias, com 95% de confiança.

Variáveis analisadas:

- Produtividade;
- Peso de mil grãos;
- Peso hectolítrico;
- Numero de grãos a cada dez espigas.

As análises estatísticas foi realizadas com o auxílio do softwar:

- SISVAR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, foi observado um contratempo relacionado ao Quadrante 3 da área experimental (Figura 6), que correspondeu à condição de cultivo sem qualquer tipo de drenagem ou manejo de sulco-camalhão em área de várzea. Essa condição resultou em acúmulo excessivo de água no solo, comprometendo severamente a germinação e o estabelecimento das plantas de trigo. Como consequência, não houve formação de material vegetal suficiente para coleta e análise, o que inviabilizou a inclusão dos dados desse tratamento nas análises estatísticas. Essa limitação experimental destaca de forma clara a importância do manejo hídrico adequado em áreas com baixa capacidade de drenagem, como as de várzea. A ausência de resultados no Quadrante 3 reforça a premissa de que o cultivo de trigo nessas condições torna-se impraticável sem a adoção de estratégias de drenagem, como o sulco-camalhão. Adicionalmente, a viabilidade observada nos demais quadrantes pode ter sido favorecida por drenagem indireta proveniente da área com sulco-camalhão (Quadrante 2), o que beneficiou parcialmente o Quadrante 1. Estes fatos sublinham a importância crítica de sistemas de drenagem eficazes para garantir o sucesso da cultura em ambientes com predisposição ao encharcamento.

Nota sobre a integridade das amostras: Durante a fase de pós-colheita e preparo das amostras para as análises laboratoriais, ocorreu uma intercorrência no armazenamento. As amostras da cultivar TBIO ASTRO (B1), destinadas especificamente à determinação do Peso Hectolítrico (PH) e da Produtividade, foram inadvertidamente expostas a condições de secagem e armazenamento em estufa antes da realização das avaliações. Este incidente comprometeu a integridade física e as características originais dos grãos para estas variáveis, inviabilizando a obtenção de dados representativos e confiáveis. Consequentemente, os dados referentes à cultivar TBIO ASTRO (B1) foram excluídos das análises e discussões de Peso Hectolítrico (PH) e Produtividade apresentadas neste trabalho. As demais amostras e análises não foram afetadas por esta ocorrência.

4.1. Dados Climáticos

Ao longo da condução do experimento, observou-se uma variação significativa nas condições meteorológicas, conforme ilustrado na Figura 9. A figura mostra a evolução das temperaturas máximas (linha contínua) e mínimas (linha tracejada) ao longo dos dias após a semeadura (DAS). A temperatura máxima foi de 30,2°C, e a mínima de 7,7°C, indicando uma amplitude térmica elevada, especialmente em algumas fases críticas do desenvolvimento das plantas. Essa oscilação pode afetar processos fisiológicos como a germinação, a floração e o enchimento de grãos. De acordo com Aparecido et al., (2024) temperatura ideal para o desenvolvimento do trigo ao longo dos diferentes estágios

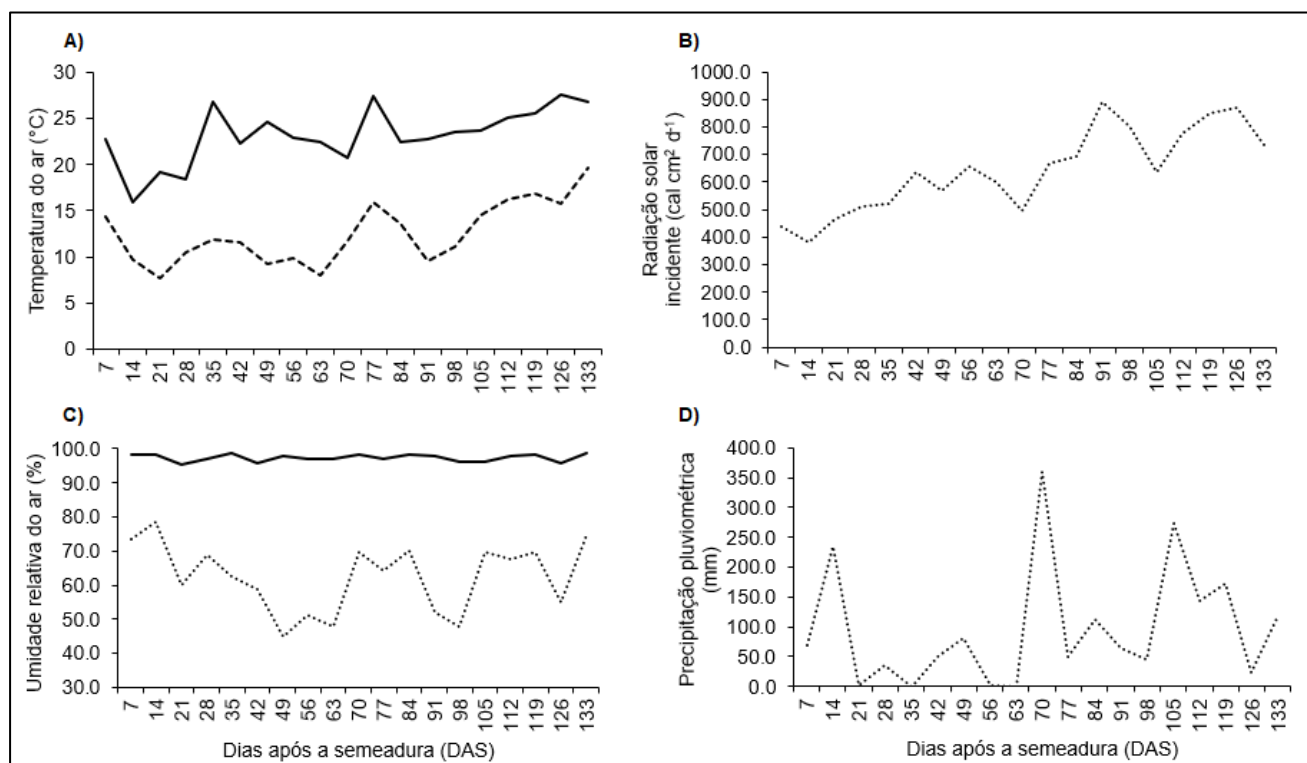
fenológicos situa-se nos 20 °C, variando entre um mínimo de 15 °C e um máximo de 25 °C. A fase de floração é particularmente sensível, sendo considerada a mais crítica do ciclo. Nessa etapa, temperaturas extremas superiores a 30 °C ou inferiores a 2 °C podem provocar a esterilização das flores.

Na figura 9 B a radiação solar apresentou tendência crescente ao longo do ciclo, com valores que chegaram a aproximadamente 1600 cal cm² d⁻¹ nas últimas semanas. A radiação acumulada totalizou 1540 cal cm² d⁻¹ em média, favorecendo a fotossíntese e, conseqüentemente, o acúmulo de biomassa e produtividade. A umidade relativa do ar também mostrou contraste onde a máxima permaneceu alta (98,9%) durante todo o ciclo (linha contínua), enquanto a mínima (linha tracejada) variação ampla ao longo do ciclo, chegando a valores baixos em torno de 45%, o que poderia ter causado estresse hídrico em alguns momentos, mas ao analisar os valores de precipitação vemos um alto volume de chuvas.

A figura 9 D mostra a distribuição das precipitações. A precipitação total acumulada foi de 1306,8 mm, o que é considerado alto para o cultivo de trigo. Ao comparar a precipitação média diária observada com as necessidades hídricas da cultura do trigo em diferentes fases, nota-se que o valor de 9,4 mm/dia é superior a algumas faixas recomendadas em literatura para períodos específicos do ciclo. Por exemplo, em estudos sobre o ciclo do trigo, a necessidade de umidade pode ser de até 60 mm/mês (aproximadamente 2 mm/dia) na fase de espigamento à maturação, enquanto no período de perfilhamento, esse valor gira em torno de 55 mm/mês (aproximadamente 1,8 mm/dia). Embora os valores de evapotranspiração real (ETR) para o trigo possam indicar um consumo diário em torno de 5 mm/dia, como observado por Reis (2019) ao utilizar o método SEBAL, a precipitação observada de 9,4 mm/dia representa uma alta disponibilidade hídrica. Este cenário de elevada precipitação diária total é particularmente relevante para culturas em áreas com características de várzea, onde o excesso de chuvas pode levar a problemas de encharcamento e baixa aeração do solo, comprometendo o desenvolvimento radicular e a produtividade. A presença de um volume considerável de precipitação durante o ciclo da cultura sublinha a importância da técnica de sulco-camalhão para o manejo do excesso hídrico, objetivo central deste estudo.

Figura 9 - Dados Climáticos de temperatura máxima (-) (a) e temperatura mínima do ar (---) (a), radiação solar (b), umidade relativa do ar máxima (-) (c) e umidade relativa do ar mínima

(-- (c) e precipitação pluviométrica (d).



Fonte: Estação local da UNIPAMPA. Alegrete, 2023.

A análise estatística indicou que o manejo do solo exerceu influência significativa ($p < 0,05$) sobre todas as variáveis analisadas, incluindo peso de mil grãos (PM), produtividade de grãos (PR), número de grãos por dez espigas (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE). Em relação às cultivares, foi verificada diferença estatística significativa para as variáveis PR, NGE e PGE, enquanto o PM não apresentou variação significativa entre os genótipos avaliados. Esses resultados evidenciam a importância da escolha da cultivar em função das características desejadas, uma vez que o desempenho produtivo e morfológico das espigas pode variar entre os materiais genéticos. Por outro lado, a interação entre manejo do solo e cultivares (A x B) não foi significativa para nenhuma das variáveis, indicando que os efeitos do manejo são consistentes independentemente do genótipo utilizado. Os coeficientes de variação (CV%) apresentaram-se em níveis adequados, variando de baixos a moderados, com destaque para PR (0,24%) e PM (9,92%), conforme dados da Tabela 1.

Tabela 2– Resumo da análise de variância para às variáveis referentes a qualidade tecnológica de grãos de trigo produzidos em diferentes manejos de solo (Com sulco-camalhão e sem sulco-camalhão), e cultivares de trigo (TBIO AUDAZ, TBIO CALIBRE, TBIO CAPAZ, TBIO ELLO CL, TBIO PONTEIRO, TBIO TRUNFO e XBIO FUSÃO), na safra agrícola 2023.

F.V.	PM	PR	NGE	PGE
Manejo do solo (A)	40,182 ^{ns}	6867,977*	73,109*	9,789*
Cultivares (B)	0,195*	3,3674*	194,081*	21,438*
A X B	17,733 ^{ns}	0,000E+ ^{ns}	20,377 ^{ns}	0,931 ^{ns}
erro	11,459	0,033	11,388	1,302
CV (%)	9,92	0,24	14,89	14,88

* e ns, significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente

FV – Fator de Variação; **PM** – Peso de mil grãos (g); **PH** – Peso hectolitro (kg); **PR** - Produtividade (sc/ha); **NGE** – Número de grãos por espiga; **PGE** – Peso de grãos por dez espigas; **CV** – coeficiente de variação.

4.2. Número de Grãos por espigas.

Os resultados demonstraram que o sistema de manejo sem sulco-camalhão (A2) proporcionou um número significativamente maior de grãos por espiga 25,410 em comparação com o sistema com sulco-camalhão (A1), que apresentou uma média de 21,148 grãos por espiga. Este achado pode estar relacionado a diversos fatores ambientais e de desenvolvimento da planta. Em áreas sem sulco-camalhão, mas com potencial de drenagem natural ou menor acúmulo hídrico em momentos específicos do ciclo, as plantas podem ter encontrado condições mais favoráveis para a formação de estruturas reprodutivas, como o número de grãos por espiga, especialmente se a ausência do camalhão não resultou em estresse hídrico por excesso em fases críticas.

Adicionalmente, é possível que a competição por nutrientes e luz dentro do camalhão tenha sido menos intensa, o que pode ter exercido alguma influência, ainda que não disponhamos de dados diretos que sustentem essa hipótese. Duan et al., (2018), destaca que a cultura do trigo tem baixa capacidade de competir com ervas daninhas em comparação com outras culturas. No entanto, abordagens agrônômicas alternativas têm o potencial de aumentar o potencial competitivo do trigo. Este resultado reforça a importância de considerar as características edafoclimáticas locais e a dinâmica da água no solo ao se optar pela adoção de técnicas de manejo hídrico como o sulco-camalhão.

Tabela 3 – Número de grãos por espiga em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.

Manejo de solo	Número de Grãos por Espiga
Sem Sulco- Camalhão (A2)	25,410 a*
Com Sulco- Camalhão (A1)	21,148 b

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Considerando a influência do fator genético, observa-se que houve variação significativa entre as cultivares quanto ao número de grãos por espiga (Tabela 4). A cultivar TBIO ASTRO (B1) apresentou a maior média (28,633 grãos por espiga), destacando-se estatisticamente das cultivares TBIO TRUNFO (B2), XBIO FUSÃO (B6) e TBIO AUDAZ (B8), que apresentaram os menores valores. Essa variabilidade entre cultivares é esperada, tendo em vista que o número de grãos por espiga é uma característica com forte componente genético, ainda que possa sofrer influência de fatores ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica e fertilidade do solo. A expressão dessa variável reflete a capacidade fisiológica da planta em formar espiguetas férteis e sustentar o desenvolvimento dos grãos, o que varia significativamente entre diferentes genótipos.

Um trabalho conduzido por Knežević et al. (2012) analisou a variabilidade do número de grãos por espiga em 20 cultivares de trigo geneticamente diferentes, cultivadas em diferentes condições ambientais. Os autores observaram diferenças significativas entre cultivares e entre anos, e relataram uma elevada herdabilidade no sentido amplo (79%), indicando que a expressão do número de grãos por espiga depende profundamente de fatores genéticos. Outro estudo, de Wani et al. (2022), avaliou 32 linhagens de trigo em diferentes anos e locais sob clima temperado. Os resultados mostraram variação significativa entre cultivares para número e peso de grãos por espiga, com herdabilidades de cerca de 80% para o número de grãos por espiga

A resposta diferenciada observada entre as cultivares reforça a importância da seleção varietal estratégica, especialmente em ambientes com restrições de drenagem natural, como áreas de várzea. Nessas condições, optar por cultivares com maior estabilidade produtiva e capacidade de adaptação ao ambiente pode ser decisivo para o sucesso do cultivo. O desempenho superior da TBIO ASTRO (B1) sugere maior eficiência nesse aspecto, sendo, portanto, uma alternativa promissora para regiões com características semelhantes às do presente estudo.

Tabela 4 – Número de grãos por espiga em função das cultivares de trigo. Alegrete, RS, 2023.

Cultivar	Número de Grãos por Espiga
TBIO ASTRO (B1)	28,633 a*
TBIO ELLO CL (B3)	25,283 ab
TBIO CAPAZ (B4)	23,617 ab
TBIO CALIBRE (B7)	22,900 ab
TBIO PONTEIRO (B5)	22,500 ab
TBIO TRUNFO (B2)	20,050 b
XBIO FUSÃO (B6)	19,967 b
TBIO AUDAZ (B8)	19,567 b

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

4.3 Peso de Mil Grãos

No que se refere ao peso de mil grãos (PM), observou-se que não houve diferença significativa entre os manejos de solo com e sem sulco-camalhão (Tabela 2). As médias obtidas foram 36,08 g para o sistema sem sulco-camalhão (A2) e 34,71 g para o sistema com sulco-camalhão (A1), valores estatisticamente semelhantes conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esses resultados indicam que, ao contrário de outras variáveis produtivas, o PM não foi influenciado pelo tipo de manejo do solo, sugerindo que essa característica é menos sensível à variação nas condições de drenagem e pode estar mais associada a fatores genéticos.

Resultado semelhante foi obtido por (WOZNIAK & RACHON, 2020), que realizou um estudo comparativo entre os sistemas de preparo de solo, usando preparo convencional, reduzido e plantio direto no trigo, os autores observaram que sistema de preparo do solo não afetou significativamente o peso de mil grãos, indicando que essa característica é menos sensível ao manejo hídrico ou drenagem. Liu et al. (2020), ao estudarem diferentes níveis de irrigação, verificaram que o aumento da lâmina irrigada resultou em elevações expressivas no número de espigas por área e no número de grãos por espiga em trigo. Por outro lado, não foi observado efeito significativo da irrigação sobre o peso individual dos grãos.

A análise do efeito das cultivares sobre o Peso de mil grãos (PM), no entanto, revelou diferenças estatísticas significativas (Tabela 2). A cultivar XBIO FUSÃO (B6) apresentou o maior valor médio, com 39,59 g, diferindo estatisticamente das cultivares TBIO ELLO CL (B3) e TBIO TRUNFO (B2), que registraram os menores pesos (31,36 g e 30,91 g, respectivamente). A cultivar TBIO AUDAZ (B8) também apresentou bom desempenho (37,71 g), situando-se no mesmo grupo de médias das cultivares de maior valor. Esses resultados evidenciam que o peso de mil grãos é fortemente condicionado pelo material genético, sendo uma característica relativamente estável frente a variações de manejo hídrico. A capacidade de enchimento de grãos, responsável pelo PM, depende de aspectos fisiológicos como taxa

fotossintética, translocação de assimilados e eficiência de enchimento no período pós-floração processos que variam de cultivar para cultivar. Assim, a escolha da cultivar torna-se um fator determinante para o alcance de maiores pesos de grãos, especialmente em ambientes onde o manejo do solo não exerce influência direta sobre essa variável.

Tabela 5 – Peso de Mil Grãos (PMG) em função das cultivares de trigo. Alegrete, RS, 2023.

Cultivar	Peso de Mil Grãos (g)
XBIO FUSÃO (B6)	39,59 a
TBIO AUDAZ (B8)	37,71 ab
TBIO PONTEIRO (B5)	36,55 ab
TBIO ASTRO (B1)	34,73 bc
TBIO CALIBRE (B7)	34,33 bc
TBIO CAPAZ (B4)	33,63 bc
TBIO ELLO CL (B3)	31,36 c
TBIO TRUNFO (B2)	30,91 c

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

4.4. Produtividade

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa na produtividade do trigo entre o sistema de manejo com sulco-camalhão (A1) e o sistema sem sulco-camalhão (A2). Embora a hipótese inicial previsse um aumento de produtividade na área com sulco-camalhão devido à melhor drenagem, este estudo não confirmou esse benefício em termos de rendimento (Tabela 6). Em um experimento de 30 anos realizado por Charles et al., (2024), os pesquisadores compararam rendimentos de trigo sob plantio direto e preparo convencional, os resultados mostraram que nos primeiros 15 anos, as produtividades foram muito semelhantes entre os sistemas de cultivo. Após esse período, o trigo em sulco camalhão apresentou rendimentos ligeiramente superiores, mas sem diferença significativa na maior parte dos anos do experimento.

Este resultado pode ser atribuído à resiliência da cultura do trigo às condições hídricas observadas ou à capacidade de adaptação das plantas mesmo em áreas de várzea. É provável que a área experimental do tratamento A1 (com sulco-camalhão) tenha contribuído para o escoamento de excesso de água da área adjacente do tratamento A2 (sem sulco-camalhão), funcionando, assim, como um sistema de drenagem indireta. Essa drenagem imprevista na área A2 pode ter mitigado os efeitos negativos esperados do excesso hídrico, resultando na ausência de diferença estatística na produtividade entre os manejos.

Além disso, se as chuvas estiveram bem distribuídas nos períodos críticos, como a fase de enchimento de grãos, isso também pode ter influenciado os resultados. O elevado volume de precipitação registrado durante o ciclo (1306,8 mm) sugere que as plantas não sofreram com deficiência hídrica, mas também que o manejo da drenagem não resultou em ganho adicional de produtividade, possivelmente devido à interligação da drenagem entre os

tratamentos.

Tabela 6 – Produtividade (Sacas/ha) em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.

Manejo de solo	Produtividade sacas/ha
Com Sulco- Camalhão (A1)	34,22 a
Sem Sulco- Camalhão (A2)	34,41 a

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Em contrapartida, para o fator cultivar, foi observada diferença estatística significativa, evidenciando o papel fundamental do material genético na definição da produtividade (Tabela 7). A cultivar XBIO FUSÃO (B6) destacou-se com o maior rendimento (38,72 sc/ha), diferindo significativamente das cultivares TBIO TRUNFO (B2) e TBIO ELLO CL (B3), que apresentaram os menores valores (30,91 e 31,36 sc/ha, respectivamente), compondo o grupo estatístico inferior.

As demais cultivares — TBIO AUDAZ, TBIO PONTEIRO, TBIO CALIBRE e TBIO CAPAZ — formaram um grupo intermediário, sem diferença significativa em relação à cultivar de maior produtividade. Esses resultados indicam que, mesmo sob condições semelhantes de solo e clima, a expressão produtiva entre os genótipos varia substancialmente, sendo fundamental a seleção de cultivares adaptadas e responsivas às condições locais.

A superioridade da XBIO FUSÃO também foi observada na variável peso de mil grãos, o que sugere que essa cultivar reúne características agrônômicas e comerciais vantajosas, como maior enchimento de grãos e rendimento por área. Isso reforça a importância da escolha do material genético mais adequado, especialmente em ambientes sujeitos à variabilidade climática e hídrica, como as áreas de várzea.

Tabela 7 – Produtividade (Sacas/ha) em função das cultivares de trigo (excluindo TBIO ASTRO). Alegrete, RS, 2023.

Cultivar	Produtividade sacas/ha
XBIO FUSÃO (B6)	38,72 a
TBIO PONTEIRO (B5)	36,56 ab
TBIO CALIBRE (B7)	34,33 ab
TBIO CAPAZ (B4)	33,63 ab
TBIO ELLO CL (B3)	31,36 b
TBIO TRUNFO (B2)	30,91 b
TBIO AUDAZ (B8)	37,71 ab

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

4.5. Peso Hectolítrico (PH)

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa

no peso hectolitro (PH) entre os sistemas de manejo com e sem sulco-camalhão (Tabela 2). A média foi de 73,85 kg/hL no sistema com sulco-camalhão (A1) e 72,99 kg/hL no sistema sem sulco-camalhão (A2).

Tabela 8 – Peso Hectolítico (kg/hl) em função do manejo do solo (com e sem sulco-camalhão) no cultivo de trigo. Alegrete, RS, 2023.

Manejo de solo	Peso Hectolítico (PH)
Sem Sulco- Camalhão	72,99 a
Com Sulco- Camalhão	73,85 a

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Na literatura, diversos estudos demonstram que o PH é um atributo de qualidade física fortemente influenciado por fatores genéticos (cultivar) e ambientais específicos da fase de enchimento de grãos — como temperatura, luminosidade e sanidade dos grãos. O trabalho de Taner et al. (2015) confirmou que, em condições de sequeiro, o tipo de preparo do solo não teve efeito significativo sobre o PH, mesmo tendo impacto sobre outras variáveis como produtividade e peso de mil grãos. Além disso, Woźniak & Rachoń (2020) observaram resultados semelhantes, relatando que diferentes sistemas de manejo do solo (plantio direto, preparo convencional, etc.) não alteraram significativamente o PH, reforçando que essa característica é mais influenciada pela genética da cultivar e pelas condições climáticas durante o enchimento dos grãos.

O peso hectolitro é um parâmetro associado à densidade e qualidade industrial dos grãos de trigo, sendo influenciado por fatores como grau de enchimento, uniformidade e sanidade dos grãos. Condições ambientais adversas, como o excesso de chuvas na fase de enchimento de grãos, tendem a prejudicar o PH. No presente estudo, foi registrado um volume elevado de precipitação acumulada ao longo do ciclo (1306,8 mm). Ainda assim, a ausência de diferença estatística entre os manejos sugere que a drenagem natural ou drenagem indireta da área com sulco (A1) pode ter minimizado os efeitos do encharcamento no tratamento sem sulco-camalhão (A2), como já discutido anteriormente.

Por outro lado, o fator cultivar influenciou significativamente o PH (Tabela 9). As cultivares TBIO CAPAZ (B4), TBIO CALIBRE (B7) e TBIO AUDAZ (B8) apresentaram os maiores valores de PH, sem diferença estatística entre si, e diferiram significativamente das cultivares TBIO PONTEIRO (B5), TBIO TRUNFO (B2) e TBIO ELLO CL (B3). A cultivar TBIO ELLO CL (B3) apresentou o menor PH (68,95 kg/hl), diferindo dos três grupos de maior PH. A cultivar X BIO FUSÃO (B6) apresentou um desempenho intermediário, agrupando-se com os maiores PH e também com TBIO PONTEIRO (B5). É importante notar que o PH mínimo para trigo tipo 1 é de 78 kg/hl, e nenhuma das cultivares atingiu esse patamar neste

experimento, indicando que as condições de cultivo, mesmo com a drenagem, não foram ideais para a obtenção de PH de alta qualidade comercial para o mercado moageiro. A constituição genética das cultivares e as condições ambientais durante o enchimento de grãos são fatores preponderantes para o PH.

Tabela 9 – Peso Hectolitro (kg/hl) em função das cultivares de trigo (excluindo TBIO ASTRO). Alegrete, RS, 2023.

Cultivar	Peso Hectolitrico (PH)
TBIO CAPAZ (B4)	75,35 a
TBIO CALIBRE (B7)	74,90 a
TBIO AUDAZ (B8)	74,90 a
XBIO FUSÃO (B6)	73,25 ab
TBIO PONTEIRO (B5)	71,70 b
TBIO TRUNFO (B2)	70,75 bc
TBIO ELLO CL (B3)	68,95 c

*. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de trigo apresentaram comportamentos distintos quanto ao desempenho agrônomico e à qualidade tecnológica dos grãos sob diferentes sistemas de manejo do solo. A cultivar X BIO FUSÃO destacou-se com maior produtividade e peso de mil grãos, enquanto T BIO CAPAZ apresentou o maior peso hectolitro. A variabilidade observada entre os genótipos confirma a importância da escolha de cultivares adequadas para ambientes com restrições hídricas, como as áreas de várzea.

O sistema de sulco-camalhão não influenciou significativamente o peso hectolétrico nem a produtividade, mas mostrou efeitos positivos em variáveis como o número de grãos por espiga. A ausência de germinação no tratamento sem drenagem reforça a importância do manejo hídrico em áreas com baixa condutividade do solo, evidenciando que o sulco-camalhão é essencial para garantir o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura.

Condições climáticas com elevado volume de precipitação não comprometeram a produtividade, sugerindo que a drenagem indireta entre os quadrantes pode ter neutralizado os efeitos esperados entre os manejos. O uso de cultivares adaptadas e o conhecimento detalhado das condições edafoclimáticas locais são fundamentais para o sucesso do trigo em regiões com características de várzea do Rio Grande do Sul.

A hipótese de maior produtividade de grãos na área com sulco-camalhão em relação à testemunha (sem sulco-camalhão) foi refutada, uma vez que não foi observada diferença estatística significativa na produtividade entre os dois sistemas de manejo que geraram dados.

A hipótese de aumento do peso hectolétrico (PH) dos grãos na área manejada com sulco-camalhão também foi refutada, pois não houve diferença estatística significativa no PH entre os sistemas de manejo que geraram dados.

O estudo contribui com informações técnicas relevantes sobre o cultivo de trigo em áreas de várzea no Rio Grande do Sul, evidenciando que, sob as condições hídricas do período experimental, o sistema sulco-camalhão não proporcionou ganhos significativos em produtividade e qualidade física de grãos em comparação com o manejo convencional que conseguiu se estabelecer. Contudo, a inviabilidade do cultivo sem qualquer manejo de drenagem e a importância da escolha de cultivares adaptadas, que demonstraram diferenças significativas em todas as características avaliadas, são os principais achados.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de experimentos em áreas de várzea com maior controle da drenagem entre os tratamentos ou em condições onde o impacto do excesso hídrico seja mais pronunciado, a fim de isolar o efeito do sulco-camalhão. Além disso, recomenda-se a avaliação de outros atributos agrônomicos e de solo, bem como a análise econômica da implementação do sulco-camalhão sob diferentes cenários de preços e custos de produção.

6 REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; ANDRES, A. Manejo de plantas daninhas em soja e milho. In: EMYDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. (ed.). *Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 235-265.
- AGROLINK. Sistema de cultivo sulco-camalhão e a diversificação de culturas no RS. Agrolink, 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/artigos/sistema-de-cultivo-sulco-camalhao-e-a-diversificacao-de-culturas-no-rs_482726.html. Acesso em: 10 jan. 2025.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. *Köppen's climate classification map for Brazil*. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANDRADE, R. G. et al. Uso de sensores e ferramentas digitais no manejo da água na agricultura. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 16, n. 1, p. 32–39, 2022.
- APARECIDO, L. E. O. et al. Zoneamento de risco climático para culturas de trigo na região sudeste do Brasil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 104, p. 456-467, 2024.
- BIOTRIGO. Portfólio de cultivares. Disponível em: <https://biotrigo.com.br>. Acesso em: abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CHARLES, C.; SCHULTHEIS, E.; WILKE, B.; ULBRICH, T.; BAKER, N.; HADDAD, N.; ROBERTSON, P. Comparing No-Till to Conventional Tillage Over 30 years. *Kellogg Biological Station*, v. 1, p. 1-6, 2024.
- COELHO, R. D. et al. Tecnologias para manejo da irrigação e agricultura de precisão. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 14, n. 1, p. 5072–5084, 2020.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2022/23*. 10º levantamento. Brasília: CONAB, jun. 2023.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.
- CUNHA, G. R. et al. *Trigo no Rio Grande do Sul: produzindo com competitividade*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.
- DUAN, J. et al. Approach to Higher Wheat Yield in the Huang-Huai Plain: Improving Post-anthesis Productivity to Increase Harvest Index. *Frontiers*, v. 8, p. 1-14, 2018.
- EMBRAPA. Sistema Sulco-Camalhão para Irrigação e Drenagem em Áreas de Várzea. *Circular Técnica*, 2010.
- EMBRAPA. *Técnica é capaz de aumentar produtividade de grãos em 26 sacas por hectare no Sul*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivos/busca-de-noticias/-/noticia/62880364/tecnica-e-capaz-de>

aumentar-produtividade-de-graos-em-26-sacas-por-hectare-no-sul. Acesso em: 10 jan. 2025.

EMBRAPA. *Água: Desafios para a Sustentabilidade da Agricultura*. 2018.

EMBRAPA. *Trigo: indicações técnicas para a cultura no Sul do Brasil*. 2023.

FARIA, M. A. et al. *Irrigação e fertirrigação: eficiência no uso da água e dos nutrientes*. EMBRAPA, 2014.

FRANCO, F. A.; RIEDE, C. R. Qualidade industrial e classificação do trigo brasileiro. *Informativo Técnico*, Embrapa Trigo, 2012.

KNEZEVIC, D. et al. Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Central European Agriculture*, v. 13, p. 617-623, 2012.

LIU, Y. et al. Ridge-furrow planting promotes wheat grain yield and water productivity in the irrigated sub-humid region of China. *Agricultural Water Management*, v. 231, p. 1-11, 2020.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, spe., p. 133–146, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>

MARCHESI, D. H. et al. Sistema de produção em várzea: alternativas à rotação arroz/pecuária. *Ciência Rural*, v. 50, n. 10, 2020.

MEDEIROS, M. C. et al. Avaliação de implementos agrícolas em solos úmidos de várzea. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 6, 2020.

MOTOMCO. *Manual do medidor de umidade e PH modelo 999E*. 2021.

OLIVEIRA, F. M. et al. Efeito do sulco-camalhão na drenagem e produtividade de arroz e trigo. *Revista de Agricultura*, v. 94, n. 3, p. 210–217, 2019.

OLIVEIRA, R. A. et al. Influência de sistemas de cultivo sobre atributos físicos e produtivos em terras baixas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 5, 2021.

PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B. (ed.). *Utilização da tecnologia sulco-camalhão na produção de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 506). No prelo.

PARFITT, J. M. B. et al. Solos hidromórficos: desafios e potencialidades para o manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, 2009.

PINTO, L. F. S. et al. Sulco-camalhão em áreas suavizadas para o cultivo de soja em terras baixas no RS. *Circular Técnica*, Embrapa Clima Temperado, 2012.

REIS, K. A. *Estimativa da evapotranspiração real da cultura do trigo utilizando o algoritmo SEBAL e imagens Landsat 8*. Universidade de Brasília – UnB, 2019. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/28161/1/2019_KelvinAndresReis_tcc.pdf. Acesso em: jul. 2025.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2019.

SANTOS, J. A. et al. Estratégias de colheita e avaliação da produtividade de trigo. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 39, n. 1, p. 85–92, 2018.

SILVA, C. L. et al. *ODS 6 - Água e Saneamento na Agricultura Brasileira: desafios e oportunidades*. EMBRAPA, 2016.

SILVA, P. R. F. et al. Rotação de culturas como estratégia para sustentabilidade em sistemas de produção de grãos. *Agronomia em Debate*, v. 8, n. 3, 2020.

SOSNOWSKI, J. et al. Influência do ambiente sobre a qualidade do grão de trigo no Sul do Brasil. *Ciência Rural*, v. 48, n. 3, 2018.

SOUZA, C. A. S.; THEISEN, G.; PARFITT, J. M. B.; SILVA, J. J. C.; POHLMANN, N. F.; CARVALHO, E. N.; SEGABINAZI, D. R. *Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 165). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/745907/1/comunicado165.pdf>.

STRECK, E. V. et al. *Sistema Sulco-Camalhão em áreas de várzea sistematizadas com declive para culturas em rotação ao arroz irrigado*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica 245, 2014.

TANER, A. et al. The effects of various tillage systems on grain yield, quality parameters and energy indices in winter wheat production under the rainfed conditions. *Fresenius Environ.*, v. 24, p. 1463-1473, 2015.

WANI, S. H. et al. Genotype × Environment Interaction and Variability for Grains per Spike and Spike Length in Wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under Temperate conditions. *Biological Forum – An International Journal*, v. 14, p. 1-5, 2022.

WOZNIAK, A.; RACHON, L. Effect of Tillage Systems on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and Soil Properties. *Agriculture*, v. 10, p. 1-12, 2020.

APÊNCICE A – Análise da variância para Numero de grãos por espiga, Peso de mil grãos, Produtividade, Peso Hectolitrico.

Numero de grãos por espiga					
FV	GL ¹	SQ ²	QM ³	Fc	Pr>Fc
Repetição	2	9.244925	4.622463	3.549	0.0414
Cultivar	7	68.526060	9.789437	7.515	0.0000
Manejo do solo	1	21.438797	21.438797	16.459	0.0003
Cultivar*Tratamento	7	6.520848	0.931550	0.715	0.6597
Erro	30	39.076991	1.302566		
Peso de mil grãos					
FV	GL ¹	SQ ²	QM ³	Fc	Pr>Fc
Repetição	2	3.521396	1.760698	0.154	0.8582
Cultivar	7	281.280002	40.182857	3.507	0.0072
Manejo do solo	1	0.195585	0.195585	0.017	0.8969
Cultivar*Tratamento	7	124.137766	17.733967	1.548	0.1896
Erro	30	343.774368	11.459146		
Produtividade					
FV	GL ¹	SQ ²	QM ³	Fc	Pr>Fc
Repetição	2	8.473867	4.236933	128.099	
Cultivar	7	48075.8421 81	6867.9774 54	207645.113	
Manejo do solo	1	3.674133	3.6741	111.083	
Cultivar*Tratamento	7	0	0	0	1
Erro	30	0.992267	0.033076		
Peso Hectolitrico					
FV	GL ¹	SQ ²	QM ³	Fc	Pr>Fc
Repetição	2	8.473867	4.236933	128.099	
Cultivar	7	48075.8421 81	6867.9774 54	207645.113	
Manejo do solo	1	3.674133	3.6741	111.083	
Cultivar*Tratamento	7	0	0	0	1
Erro	30	0.992267	0.033076		

1GL: graus de liberdade; 2SQ: soma de quadrados; 3QM: quadrado médio; Fc: F tabelado; os tratamentos são qualitativos; Pr>Fc: significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.