

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ÉPOCAS DE SEMEADURA DE TRIGO PARA EXPRESSÃO
DO MAIOR POTENCIAL AGRONÔMICO**

GABRIEL MENTA TOSETTI

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2024**

**ÉPOCAS DE SEMEADURA DE TRIGO PARA MAIOR EXPRESSÃO DO
POTENCIAL AGRONÔMICO**

GABRIEL MENTA TOSETTI
Engenheiro agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Munir Mauad

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T714é Tosetti, Gabriel Menta

ÉPOCAS DE SEMEADURA DE TRIGO PARA EXPRESSÃO DO MAIOR POTENCIAL
AGRONÔMICO [recurso eletrônico] / Gabriel Menta Tosetti. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Munir Mauad.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Triticum aestivum. 2. Cerrado. 3. Trigo de sequeiro. I. Mauad, Munir. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ÉPOCA DE SEMEADURA DE TRIGO NO SUL DO MATO GROSSO DO SUL PARA MAIOR EXPRESSÃO DO POTENCIAL AGRONÔMICO

GABRIEL MENTA TOSETTI

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

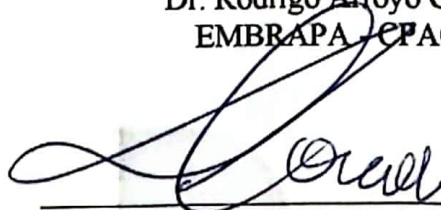
Aprovada em: 09 de setembro 2024.

Documento assinado digitalmente
 **MUNIR MAUAD**
Data: 06/11/2024 10:33:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Munir Mauad
Orientador- UFGD

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO ARROYO GARCIA**
Data: 07/11/2024 09:43:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rodrigo Arroyo Garcia
EMBRAPA - CPAO



Dr. Lucas Augusto de Assis Moraes
MOSAIC

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por nos conceder o dom da vida, e pela sua Graça e sabedoria, somos capacitados. Toda e qualquer obra produzida como fruto de nosso esforço, dedicação e empenho de conhecimento, deve servir para honrar o Senhor. Nada na nossa vida deve ser feito sem propósito, amor e boa vontade, pois tudo é para a glória de Deus, e Dele vêm todas as coisas.

Agradeço à minha esposa Alinne, por ser sempre parceira, apoiar e entender minhas decisões, desde que nos conhecemos. Você sempre está presente e tudo é melhor ao seu lado.

Agradeço a meu orientador, Munir Mauad, pela parceria, ensino, paciência e ajuda na concepção e condução deste trabalho. Não haveria melhor pessoa para me orientar.

Agradeço à Victor Vicentin Bentes, um amigo que Dourados me deu e uma das pessoas mais bondosas que conheci. Serei eternamente grato pela sua parceria e ajuda com o experimento.

Agradeço à Flávio Muniz, meu gestor à época, por confiar em mim e me incentivar não só nessa, mas em outras decisões. Sem seu apoio, não sei se conseguiria chegar até aqui, e todo o desenrolar da minha vida profissional após este passo.

À Alltech Crop Science por não colocarem objeções e ao contrário, incentivarem este passo que decidi dar em minha carreira, concomitantemente à minha atuação profissional como Gerente de Vendas.

Agradecimento especial e menção honrosa à Lucas Moraes, pela amizade, companheirismo e incentivo. Quem encontra um amigo, encontra um tesouro.

Aos Profs. Luiz Carlos Ferreira e Paulo Vinicius, pelas boas conversas no campo, aprendizado, amizade e toda a ajuda que proporcionaram no dia a dia da condução dos experimentos.

Todo corpo de colaboradores da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da UFGD.

Todos os alunos de graduação que atuaram de qualquer forma na geração dos dados deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Aspectos econômicos e importância mundial do trigo	4
2.2 Trigo no MS e sistema de produção	5
2.3 Ecofisiologia da cultura.	5
2.3.1 Temperatura, Vernalização e Fotoperíodo	6
2.3.2 Precipitação	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Safra 2022	18
4.2 Safra 2023	30
CONCLUSÃO	38
ANEXOS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

O estado de Mato Grosso do Sul apresenta potencial para expansão da triticultura. Entender o comportamento fitotécnico das culturas agrícolas para a região é necessário para o melhor posicionamento de cultivares. O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma análise fitotécnica de cultivares de trigo em épocas de semeadura no sul do Mato Grosso do Sul, estabelecendo os fatores mais impactantes para desenvolvimento da cultura, de forma a identificar o período que ofereçam as melhores condições ambientais para expressão do potencial produtivo. O experimento foi realizado durante dois anos agrícolas (2022 e 2023), com 4 épocas de semeadura (1ª e 2ª quinzena de abril, 1ª e 2ª quinzena de maio) e 2 cultivares de trigo (TBIO Ponteiro e IPR Catuara), totalizando 32 parcelas experimentais. Foram avaliados: data de emergência, início do perfilhamento, florescimento, maturação e variáveis fitotécnicas: altura de planta, número de espigas por metro, número espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey para comparação de médias ($p > 0,05$). Os resultados evidenciaram a interação entre cultivar e a época de semeadura no ano de 2022 para todas as variáveis estudadas. Em 2023, não se observou interação nas seguintes variáveis: altura de plantas e espiguetas por planta. Concluiu-se que a primeira época de semeadura (1ª quinzena de abril) foi mais favorável para a semeadura do trigo no sul do Mato Grosso do Sul.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, Cerrado, trigo de sequeiro.

ABSTRACT

The state of Mato Grosso do Sul has potential for expanding triticulture. Understanding the phytotechnical behavior of agricultural crops for the region is necessary for better positioning of cultivars. The aim of this study was to present a phytotechnical analysis of wheat cultivars at sowing times in the south of Mato Grosso do Sul, establishing the factors that have the greatest impact on crop development, in order to identify the period that offers the best environmental conditions for expressing production potential. The experiment was carried out over two agricultural years (2022 and 2023), with 4 sowing seasons (1st and 2nd half of April, 1st and 2nd half of May) and 2 wheat cultivars (TBIO Ponteiro and IPR Catuara), totaling 32 experimental plots. The following were evaluated: date of emergence, beginning of tillering, flowering, maturity and phytotechnical variables: plant height, number of ears per meter, number of spikelets per ear, number of grains per spikelet, number of grains per ear, mass of grains per ear and yield. The data was subjected to analysis of variance and the Tukey test for comparing means ($p > 0.05$). The results showed an interaction between cultivar and sowing time in 2022 for all the variables studied. In 2023, there was no interaction in the following variables: plant height and spikelets per plant. It was concluded that the first sowing season (1st half of April) was more favorable for sowing wheat in the south of Mato Grosso do Sul.

Keywords: *Triticum aestivum*, Cerrado, dryland wheat.

INTRODUÇÃO

O cultivo do trigo no Brasil se iniciou no século XVI e o cereal se tornou um dos principais alimentos consumidos pela população brasileira. Originalmente uma planta de clima temperado, seu cultivo é predominante na região Sul do país. A área total cultivada no Brasil corresponde à cerca 3,5 milhões de hectares e uma produção de 9,2 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

O trigo é uma das culturas mais importantes do agronegócio mundial, com cerca de 808 milhões de toneladas produzidas anualmente (FAO, 2022). Em uma análise da produção tritícola da América do Sul realizada por MEIER, BORGES, et al. (2022), o Brasil ainda importa parte da sua demanda de trigo. Em 2023, o país importou cerca de 13 mil toneladas do grão, principalmente da Argentina (92%, que mesmo com a maior área cultivada e produção do continente (68,64% do volume), ainda possui demanda inferior à brasileira, que corresponde à cerca de 40,4% do consumo de trigo da América do Sul (AGROSTAT, 2024).

Entre 2023 e 2024, a guerra entre Rússia e Ucrânia, principais países produtores, impactou fortemente o abastecimento mundial de trigo, em função da interrupção das exportações. É evidente a importância de estudos de viabilidade agrônômica da cultura, práticas de manejo, melhoramento genético de cultivares e sua relação com o ambiente de produção nas diferentes regiões do país, além de fomento à infraestrutura da indústria. O clima influencia diretamente sua produtividade e qualidade final dos grãos.

O Mato Grosso do Sul (MS) apresenta potencial para expansão do cultivo, mas ainda responde por cerca de 1% da área nacional, enquanto no fim dos anos 80, a área plantada no estado ultrapassou 400 mil hectares (CONAB, 2023). Alguns aspectos mercadológicos e logísticos podem ter levado a isso, desestimulando o plantio da cultura na região, como preços e indústria dedicada ao recebimento.

A produção de grãos aproximada no MS foi de cerca de 28 milhões de toneladas na safra 22/23 (CONAB, 2023). Entretanto, fenômenos restritivos ao desenvolvimento das culturas são observados no estado. Déficit hídrico e geadas são comuns no período do cultivo da segunda safra.

Estes eventos são intensificados quando ocorrem atrasos na semeadura da safra de verão, expondo os cultivos ainda mais às adversidades climáticas. Quanto ao trigo, devido à janela de semeadura a partir do mês de abril, não há impacto.

O sistema de produção agrícola predominante no estado é o de sucessão soja verão/milho segunda safra, com cerca de 60% das áreas cultivadas sob esse sistema (CONAB, 2023). Em 2021, 44% das lavouras de milho segunda safra foram plantadas fora da janela ideal recomendada (FAMASUL, 2021). Este fato gerou uma produção 52% abaixo do ano anterior (FAMASUL, 2021).

Além da necessidade de oferecer opções visando a mitigação do risco climáticos que afetam o milho, como o déficit hídrico, o uso do trigo no sistema de produção pode auxiliar a composição de renda do agricultor, além dos benefícios agronômicos. Tanto no ambiente solo, como estudado por BARBIERI, DOSSIM, *et al.* (2019), quanto na dinâmica de pragas e doenças, a rotação de culturas mostra-se uma prática de benefícios consolidados.

O estresse hídrico inibe o crescimento do trigo, e afeta vários estágios de seu ciclo de vida, incluindo o crescimento vegetativo, o desenvolvimento reprodutivo e o enchimento de grãos (KHATIWADA *et al.*, 2020). Esses efeitos levam a um declínio no rendimento do trigo.

Estudos de BANGAR *et al.*, (2020) demonstraram que a data de semeadura pode ter um impacto significativo no rendimento do trigo. Em termos de disponibilidade hídrica, cultivos semeados em janelas com boa distribuição pluviométrica durante o ciclo da cultura têm maior potencial de enraizamento, antes da exposição a períodos de acentuado déficit hídrico. Esse estabelecimento precoce pode melhorar a capacidade da cultura de acessar água e nutrientes do solo, levando a uma maior tolerância à seca e, por fim, a um maior rendimento de grãos.

Para mitigação dos efeitos do déficit hídrico, é necessário melhorar a tolerância do trigo à seca por meio de várias estratégias, como o aperfeiçoamento genético de cultivares e a otimização das datas de semeadura (ANDARZIAN *et al.*, 2015).

No Cerrado, região com potencial de expansão da triticultura, porém com limitações na oferta de água no outono/inverno, exige-se ainda maior cuidado quanto ao posicionamento de épocas de semeadura.

A obtenção de altas produtividades no trigo está intimamente relacionada com a escolha adequada da cultivar e da época de semeadura, permitindo que a cultura se desenvolva em boas condições ambientais (BORÉM e SCHEEREN, 2015).

Face a este cenário, o objetivo deste estudo foi analisar quatro diferentes épocas de cultivo de trigo na região sul de MS. Para isso, dois objetivos específicos foram elencados: o primeiro, analisar qual a melhor época de semeadura para cultura, e o segundo, verificar quais componentes de produção são os principais beneficiados na referida época de cultivo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos econômicos e importância mundial do trigo

Mundialmente, a área cultivada na safra 2021/2022 foi de aproximadamente 220 milhões de ha. Porém apenas cinco nações respondem por 55% da área e 65% da produção de trigo globalmente. A Índia é o país com a maior área cultivada do cereal, com 14,22% da área global, seguido pela Rússia com 13,01%, China 10,60%, União Europeia (EU) com 10,42% e EUA com 6,75%. Levando-se em conta alguns fatores econômicos, a oferta de um produto no mercado é influenciada por custos de produção, tecnológicos, climáticos e preço de venda (VASCONCELLOS, 2012). Neste aspecto, a China é o maior produtor mundial com 17,33% do volume, seguindo por EU com 16,36%, Índia 13,93%, Rússia com 11,02% e EUA 6,42%, (USDA, 2022).

A cultura do trigo tem crescido em importância globalmente, sobretudo após a guerra envolvendo Rússia e Ucrânia a partir de 2022, que colocou em risco o abastecimento de trigo no mundo, impactando nos preços e diminuindo a oferta para os países dependentes de importações do grão. Segundo dados da CONAB, entre 2019 e 2022 houve aumento de 66% na área plantada e 54% na produção de trigo no país, que tem como principais produtores os estados de Rio Grande do Sul e Paraná, respondendo por cerca de 86% do volume produzido.

O Brasil possui demanda suficiente para o fomento do cultivo de trigo no país. Há a visualização de um cenário promissor para a cultura, tendo em vista a alta demanda pelo cereal associada ao crescimento populacional e ao aumento da renda per capita (MEIER et al., 2022). Entretanto, estes afirmam que o aumento da área cultivada depende de fatores mercadológicos somados às condições edafoclimáticas. Tais fatores impactam diretamente a tomada de decisão do agricultor pela semeadura do trigo.

2.2 Trigo no MS e sistema de produção

O MS, de acordo com dados do IBGE (2023) corresponde à cerca de 8,3% da produção nacional de cereais, grãos e oleaginosas, sendo o 5º maior produtor nacional. O estado também contempla 8,3% da área em hectares destinada à produção agrícola para estas culturas, totalizando 6,2 milhões de hectares, o 4º maior do país. A projeção para 2023 é um aumento de 1,3% na área e 11% na produção em toneladas. Também se destaca a produção de mandioca e cana de açúcar.

O cultivo do sistema de produção soja/milho 2ª safra ocupa atualmente cerca de 2,2 mi de hectares em Mato Grosso do Sul (CONAB, 2023). Entretanto, semeaduras da soja verão atrasadas levam o agricultor a plantar o milho safrinha fora da janela ideal.

Com o atraso na semeadura da soja no verão, a cultura de segunda safra fica exposta e a rentabilidade da atividade comprometida

O trigo ocupou em 2022 cerca de 25 mil hectares no estado, com produtividade média de 2372 kg/ha, o que representou um aumento de 92,84% em relação à safra anterior, resultando numa produção total de 48,6 mil toneladas. Os volumes foram 12,1% maiores que as 43,1 mil toneladas de 2021, mesmo considerando redução da área plantada em cerca de 41% de 2021 para 2022 (CONAB, 2023). ALBRECHT (2007) destaca 4 milhões de hectares com potencial de cultivo para a cultura, sendo 1,5 milhões irrigados e 2,5 milhões em sequeiro.

Há espaço para crescimento da área plantada com trigo no estado, como forma de auxiliar no abastecimento nacional do cereal. O Brasil tem potencial para se tornar autossuficiente em dez anos, se mantidas as tendências atuais de aumento de área plantada e produtividade, segundo dados apresentados no 15º Fórum Nacional do Trigo (2021). Além disso,

2.3 Ecofisiologia da cultura

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea (*Poacea*) originária, do sudoeste da Ásia (PIANA e CARVALHO, 2008) conhecida como Crescente Fértil. Apresenta sistema radicular fasciculado, com ocorrência de brotação de afilhos associados à planta-mãe, de acordo com condições de solo e clima. Apresenta 6 a 9 folhas, com inflorescência

em espiga. Esta por sua vez, preenchida por espiguetas que abrigam os grãos. O ciclo da cultura pode variar entre 100 e 160 dias, de acordo com a cultivar.

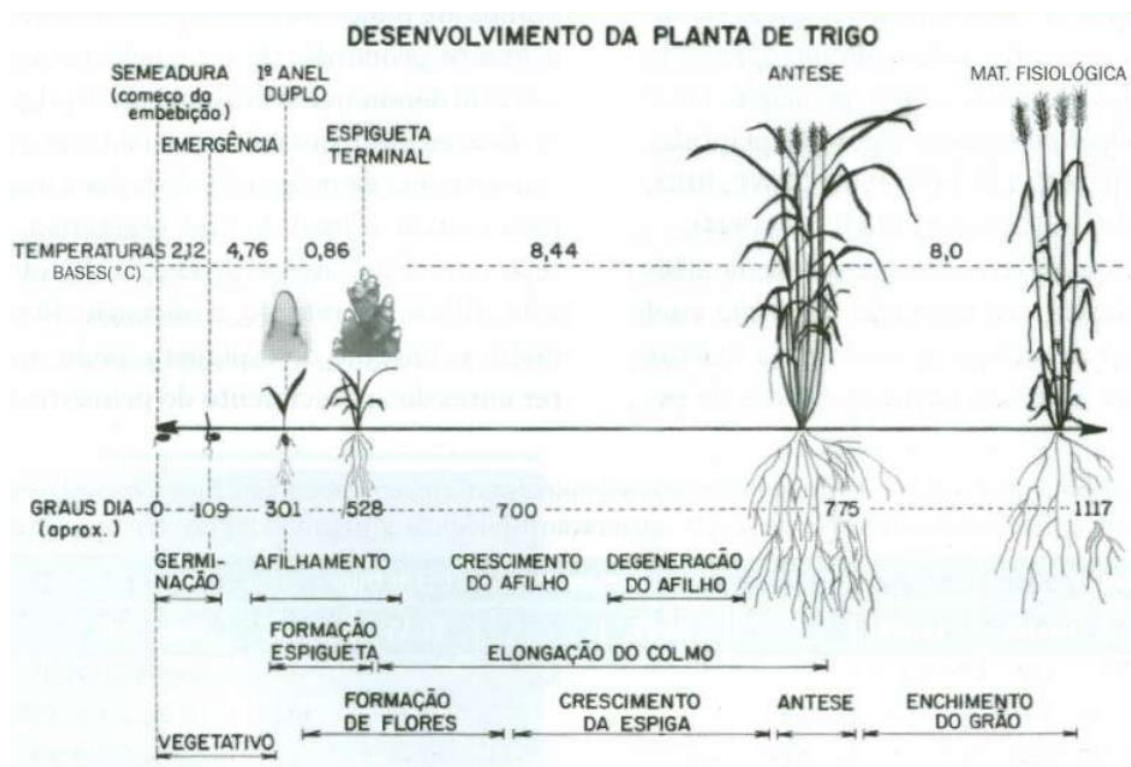
São muitos os fatores que podem impactar o desempenho agrônômico da cultura do trigo, sendo a temperatura e o fotoperíodo os destes fatores com maior impacto na resposta fisiológica da planta (KISS et al., 2017).

Os componentes da produtividade do trigo são influenciados pelas práticas de manejo adotadas, como a densidade de semeadura, o genótipo e sua interação com o ambiente (GROSS, DIAS, et al., 2013). Em revisão sobre o impacto dos fatores ambientais e a sensibilidade do trigo SLAFER; RAWSON, (1994) constataram uma variação genotípica considerável e a dificuldade de prever as respostas de um genótipo a variáveis ambientais com base nas respostas de outro.

2.3.1 Temperatura, vernalização e fotoperíodo.

Cada etapa do desenvolvimento das culturas possui necessidades bioclimáticas para sua ocorrência. A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes para a cultura do trigo, tendo uma correlação direta com seu desenvolvimento (KAUR et al, 2016). As temperaturas basais necessárias para ocorrência de cada fase foram estimadas por SLAFER; SAVIN (1991), sendo estas as mínimas nas quais cada processo não ocorre caso o ambiente proporcione temperatura abaixo destas bases. A FIGURA 1 mostra as temperaturas basais e somas térmicas em cada fase do desenvolvimento da cultura

FIGURA 1. Temperaturas basais e somas térmicas nas respectivas fases de desenvolvimento da cultura do trigo. Fonte: RODRIGUES et al (2011).



ASSENG et al., 2015 usaram modelos de estudo dos impactos do clima, concluindo que a temperatura já têm influenciado substancialmente a produtividade de trigo nas regiões produtoras. Sendo que a cada °C acrescido à temperatura média anual, estima-se uma queda de 6% na produção global, o que também foi observado em revisões recentes publicada por NESAR et al. (2022). Neste mesmo estudo de modelos, foi observada uma redução nos dias correspondidos entre a semeadura e maturação de 156 para 61, quando a temperatura média foi de 15°C para 26°C.

A temperatura tem vários efeitos fisiológicos na produção de trigo. De acordo com o estudo mencionado, temperaturas mais altas podem afetar o desenvolvimento, a troca gasosa e as relações hídricas do trigo, reduzindo o período de crescimento e menor número de grãos por área. Também deve-se considerar que temperaturas acima da normalidade geram espécies reativas de oxigênio nas células, resultando em estresse térmico e afetando negativamente a planta.

Quando a temperatura superou os 28°C no início do desenvolvimento, chegando a 34°C em alguns momentos, as plantas sequer chegaram à antese e formação dos grãos. Ainda no mesmo trabalho, os modelos mostraram grande variação na quantidade de dias

para a antese em relação à diferentes temperaturas médias durante o ciclo, sendo esse impacto notado nas produtividades obtidas quando as médias de temperatura foram mais oscilantes. Temperaturas mais altas resultaram em períodos de crescimento mais curtos, menor interceptação de luz para fotossíntese, e consequente redução na biomassa.

Em outros locais de aplicação dos modelos, porém sob irrigação, os mesmos pesquisadores notaram que o trigo cultivado em temperatura média acima de 28°C obteve rendimento de cerca de 2 ton/ha. Neste caso, a resposta é relacionada à tolerância genética das cultivares empregadas à temperatura, um fator que deve ser levado em consideração.

Estudos realizados por DUBEY et al., (2019) demonstraram que datas de semeadura com temperaturas elevadas durante o ciclo da cultura tendem a resultar em menores rendimentos de trigo. NESAR et al., (2022) estudando o estresse térmico terminal (temperaturas acima de 30° após a antese e durante a formação da colheita) notaram que este é um problema ambiental. Significativo e que afeta a produção de trigo em todo o mundo.

A alta temperatura pode afetar a formação e o desenvolvimento dos grãos, resultando em uma redução no número, tamanho e peso destes. Isso ocorre devido à interrupção do processo de divisão celular e ao comprometimento da translocação de fotoassimilados para os grãos, resultando em uma menor taxa de enchimento de grãos.

A exposição prolongada a altas temperaturas pode acelerar o processo de senescência das folhas, reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese, durante intenso período de competição por nutrientes, como o alongamento do caule. Ocorre encurtamento dos períodos vegetativo e reprodutivo da cultura, mas o estágio reprodutivo é mais vulnerável do que o vegetativo

Para minimizar efeitos negativos de altas temperaturas, intervenções agronômicas como ajuste na época de semeadura, uso de materiais genéticos tolerantes, irrigação e a aplicação de osmorreguladores para atenuação dos efeitos do estresse térmico terminal em trigo. Os autores pontuam que o aumento das temperaturas gera uma redução esperada para cada grau Celsius de aumento na temperatura média entre março e abril.

O trigo é sensível à vernalização. Esta pode ser definida como a exposição das plantas à temperaturas baixas não congelantes, compreendidas entre um ótimo de 0°C e 7°C, com um efeito decrescente entre 7°C e 18°C (KIRBY, 1974). Uma classificação dos genótipos quanto a sua sensibilidade à vernalização, fotoperíodo e adaptação às regiões de cultivo foi proposta por SLAFER e WHITECHURCH (2001): i) trigos primaveris (altamente sensíveis ao fotoperíodo); ii) trigos inverniais (altamente sensíveis à

vernalização) e iii) trigos mediterrâneos (altamente sensíveis ao fotoperíodo e levemente sensíveis à vernalização).

No entanto, ALBERTO et al. (2009), evidenciaram que diferentes genótipos possuem diferentes respostas e sensibilidade à vernalização. O efeito vernalizante afeta apenas a fase vegetativa da cultura, e interfere consequentemente na quantidade de dias para indução floral, mediante a duração do efeito vernalizante sobre a cultura (SLAFER; RAWSON, 1994).

A duração desse período, chamado de espiguetas terminal-antese (ET-AN) e morfológicamente marcado pelo alongamento do colmo, é crucial para determinar os componentes de rendimento e produtividade da cultura. Esta constatação foi observada em estudo de (RODRIGUES et al., 2007) com cultivares de trigo lançadas entre 1940 e 1992, observando correlação linear positiva para uma maior quantidade de dias no período ET-AN e rendimento de grãos.

Uma quantidade menor de tempo para florescimento em função da intensidade da vernalização refletirá na quantidade final de folhas formadas, e assim, no potencial de fontes de fotoassimilados para os grãos formados.

O fotoperíodo é um dos fatores impactantes à cultura, porém em menor intensidade que a temperatura (KISS et al., 2017). A resposta efetiva da planta ao estímulo do fotoperíodo em cada fase de desenvolvimento ainda não é consensual em pesquisa. Além disso, os genótipos apresentam sensibilidade variada, mostrando que o número de flores férteis por espiga é influenciado pela interação genótipo $\times$ fotoperíodo (PÉREZ-GIANMARCO et al, 2019). Os autores também concluem que a maior sensibilidade ao fotoperíodo no trigo está associada a maior fertilidade de espigas na antese devido a uma fase mais longa de iniciação floral (ET-NA).

YUNZE; SHUANGSHENG, (2014) estudaram trigos primaveris (sensíveis ao fotoperíodo) em ambiente controlado, buscando evidenciar os efeitos em cada estágio fenológico da cultura. Os autores encontraram que a regulação do fotoperíodo afeta o trigo de diversas maneiras, afetando o período de crescimento, a produtividade, a eficiência do uso de energia e a qualidade nutricional.

O fotoperíodo mais curto antes do florescimento e mais longo após o florescimento aumentaram significativamente a produção de sementes, o índice de colheita e a eficiência do uso de energia, sobretudo pela maior atividade fotossintética após a diferenciação. Nesse mesmo estudo, os autores colocam que o fotoperíodo mais curto antes do florescimento aumentou o número de espigas por planta e o número de

sementes por espiga, positivamente correlacionados ao número de perfilhos e à duração da diferenciação das espigas, respectivamente.

2.3.2 Precipitação

O trigo possui a capacidade de se adaptar a uma ampla gama de ambientes. Isso o torna uma cultura confiável e importante para a agricultura e segurança alimentar de muitos países. Entretanto, seu crescimento e desenvolvimento são significativamente afetados pela disponibilidade de água, especialmente períodos de menor disponibilidade hídrica (JING et al., 2020) como o cultivo de 2ª safra na região do cerrado.

O estresse hídrico inibe o crescimento do trigo, e afeta vários estágios de seu ciclo de vida, incluindo o crescimento vegetativo, o desenvolvimento reprodutivo e o enchimento de grãos (KHATIWADA et al., 2020). Esses efeitos levam a um declínio no rendimento do trigo.

O estresse causado por déficit hídrico acarreta o fechamento estomático mais prolongado, como mecanismo fisiológico da planta para evitar as perdas de água. Esse fator leva à consequente menor entrada de CO₂, portanto, menor acúmulo de biomassa.

PEREIRA et al, (2019) colocam que em situações de estresse hídrico severo, o componente do rendimento específico mais comumente afetado nas plantas de trigo é o número de grãos por espiga. A redução no número de grãos por espiga é uma resposta típica ao estresse hídrico, pois a planta prioriza a sobrevivência e o desenvolvimento dos grãos existentes em detrimento da formação de novos grãos.

Além disso, o estresse hídrico também pode afetar a taxa de fertilização dos grãos, levando a uma menor taxa de formação de grãos cheios. Isso resulta em uma menor massa de grãos por espiga e, consequentemente, em uma redução significativa no rendimento final da cultura de trigo.

RODRIGUES et al. (1998) concluíram que o período mais sensível do trigo ao déficit hídrico é na emissão da folha-bandeira, seguido da antese. Em outro estudo, FRIZZONE e OLITTA, (1990) comprovaram a sensibilidade do trigo ao stress hídrico com as maiores reduções em produtividade quando este stress ocorria no período entre o início do florescimento e a fase de grão leitoso.

As práticas agronômicas e as técnicas de gestão da água também são componentes essenciais para atenuar o impacto da seca na produção de trigo. A implementação de estratégias como sistemas de irrigação eficientes, conservação da umidade do solo e

rotação de culturas pode ajudar a otimizar o uso da água e minimizar os efeitos da seca na produção de trigo.

Cerca de 70% do trigo produzido no mundo está sob sistemas irrigados (REYNOLDS e BRAUN, 2013). (GUERRA, 1995) mostrou que a produtividade pode variar de 4500 a 7000 kg/ha sob 500 a 1300 mm de água nos Cerrados, em estudo onde foram realizadas 26 irrigações sob tensão de água de 40 kPa para atingir a máxima produtividade.

Isto indica que as chuvas, em sistema de sequeiro, devem ser bem distribuídas, a fim de manter a tensão de água constante e suprir a demanda hídrica da cultura. A influência da irrigação no cultivo do trigo também foi estudada por FLUMIGNAN et al. (2013) que concluíram que a irrigação pode aumentar em até três vezes a produtividade, mesmo embora a quantidade de raízes e a massa seca de plantas possa ser a mesma ou até mesmo superior.

2.3.3 Zoneamento Agrícola de Risco Climático

Os estudos sobre a correlação entre os fatores ambientais e sua influência sobre as plantas cultivadas geram ferramentas como os mapas de adaptabilidade das espécies. Uma dessas ferramentas é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O ZARC objetiva reduzir os riscos relacionados à fenômenos climáticos pelo correto posicionamento de espécies agrícolas através da época ideal de plantio, considerando também o tipo de solo e ciclo de cultivares (EMBRAPA, 2017).

O trigo recebeu classificação no ZARC para o estado do Mato Grosso do Sul, o que implica a possibilidade do cultivo na região, observando as indicações de acordo com a classe de solo e grupo de cultivares.

As cultivares do grupo I apresentam risco menor que 20% na semeadura de abril, 30% no primeiro decêndio de maio e 40% de risco no segundo decêndio de maio. Não se recomenda o plantio a partir do terceiro decêndio de maio.

As cultivares do grupo II apresentam mesma recomendação de plantio nos dois primeiros decêndios de abril. Não se recomenda o plantio dessas cultivares a partir do segundo decêndio de maio.

As cultivares do grupo III não possuem recomendação de plantio no mês de maio, e apresentam riscos de 40% no terceiro decêndio de abril.

MATERIAL & MÉTODOS

Local, clima e solo

O experimento foi conduzido sob coordenadas geográficas 54°56'W e 22°12'S e 452m de altitude. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Santos,

2013) e apresentou as seguintes propriedades químicas, apresentadas na TABELA 1 para a camada 0-20 cm. Segundo O ZARC, o solo é considerado como de Classe AD4, pelo teor de argila.

Mediante resultados obtidos pela análise de solo, a área experimental recebeu aplicação de calcário dolomítico, na dose de 2,5 ton/ha, antes da instalação do experimento, em superfície, sem incorporação, segundo metodologia proposta por (RAIJ, ANDRADE, *et al.*, 2001). A área na qual ocorreu a implantação do experimento apresentava as características químicas e granulométricas descritas na TABELA 2, após a realização da calagem. O clima conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico úmido com verão chuvoso. As temperaturas mínimas e máximas e precipitações pluviométricas por decêndio estão apresentadas na Figura 1. Os dados foram obtidos da estação meteorológica da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (FAECA), sob coordenadas geográficas 54°56'W e 22°12'S e 452m de altitude.

TABELA 1. Caracterização química do solo (0-20 cm) onde foi implantado o experimento. FAECA-UFGD, 2022.

MO	P(res)	K	Al	Ca	Mg	T	V
%	-----mg/dm ³ -----						%
2,35	35,52	125	0	4,76	2,34	10,64	69,74
S	B	Cu	Fe	Zn	Mn	pH	Argila
						CaCl ₂	%
11,10	0,33	15,70	38,10	2,90	126,00	5,2	57,7

FIGURA 2. Dados de precipitação, temperatura máxima (T° máx) e temperatura mínima (T° mínx) do experimento para o ano de 2022, por decêndio.

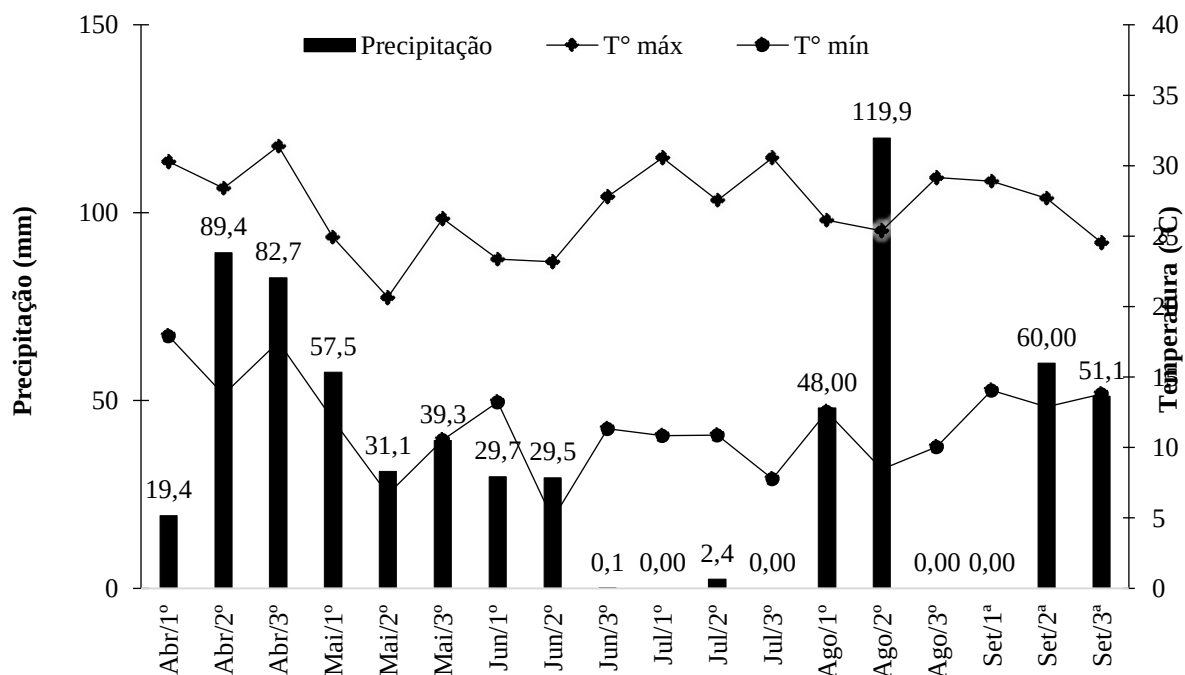
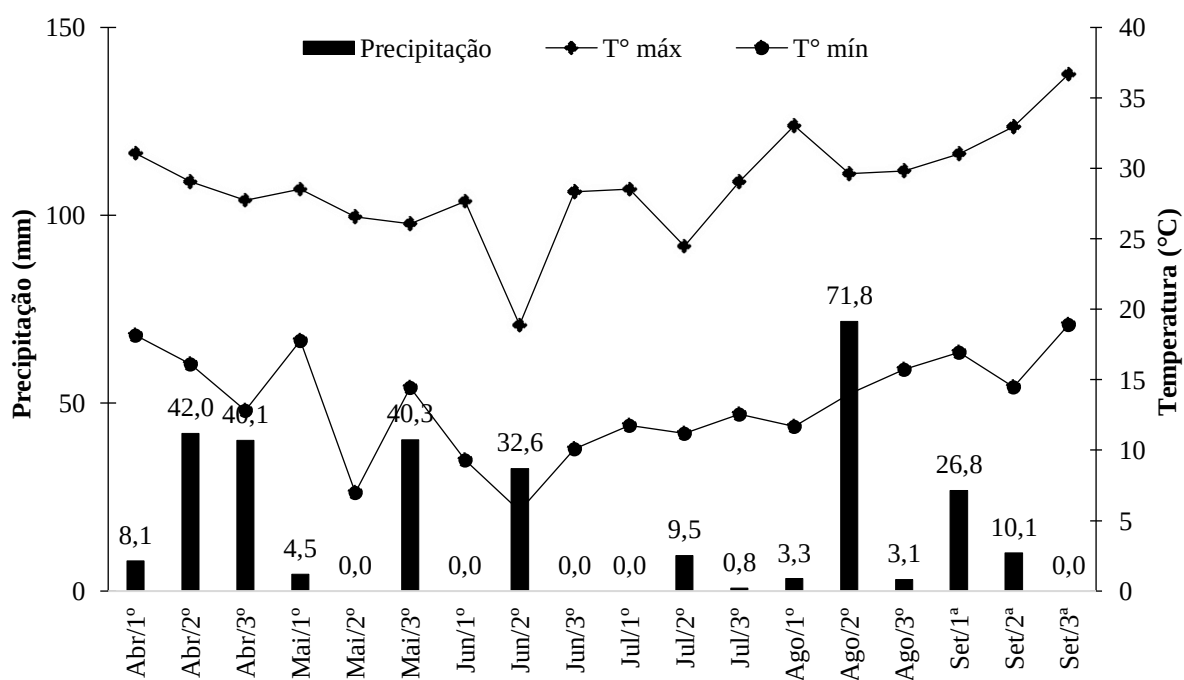


FIGURA 3. Dados de precipitação, temperatura máxima (T° máx) e temperatura mínima (T° mínx) do experimento para o ano de 2023, por decêndio.



Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 épocas de semeadura, 2 cultivares de trigo (TBIO Ponteiro e IPR Catuara) e quatro repetições totalizando 32 unidades experimentais. Cada parcela (unidade experimental) foi composta por 20 linhas de 8 metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20m totalizando 32 m². A área útil da parcela foi considerada descontando-se um metro de cada extremidade e as 2 linhas externas de cada lado, contabilizando-se as 16 linhas centrais.

Cultivares

IPR Catuara (Grupo I no ZARC): trigo melhorador de ciclo precoce (104 dias), com porte médio (87 cm) e peso de mil grãos médio de 43g; suscetível à ferrugem da folha; moderadamente suscetível a oídio, manchas foliares, brusone e giberela; Moderadamente resistente à mosaico comum do trigo, nanismo amarelo da cevada.

TBIO Ponteiro (Grupo II no ZARC), trigo de pão de ciclo médio (114 dias), com porte médio (85 cm) e peso de mil grãos médio de 34g; moderadamente resistente à oídio, brusone, giberela, mancha amarela, ferrugem da folha, mosaico comum do trigo e bacteriose; Moderadamente suscetível ao nanismo amarelo da cevada.

Implantação e condução do experimento

O experimento teve a duração de dois anos agrícolas, safras 2021/2022 e 2022/2023. As épocas de semeadura foram, para ambos os anos e cultivares, 4 datas determinadas entre a primeira quinzena de abril (06/04/2022 e 11/04/2023), segunda quinzena de abril (18/04/2022 e 21/04/2023), primeira quinzena de maio (30/04/2022 e 02/05/2023) e segunda quinzena de maio (14/05/2022 e 15/05/2023). A taxa de semeadura utilizada para ambos os anos foi de 75 sementes por metro linear, dentro da população final recomendada pelas obtendedoras. As sementes foram tratadas com Standak Top® (Fipronil, Tiofanato metílico e Piraclostrobina, 2 mL/kg de semente), utilizando semeadora mecânica de fluxo contínuo.

Antes da semeadura, foi feito manejo de ervas invasoras, através da aplicação de 1,2 kg/ha de Round Up WG® (Glifosato), 1 L/há de Aminol® (2,4-D), e aplicação sequencial de Finale® (Glufosinato de amônio) 7 dias após. A adubação foi realizada baseado nas análises de solo e nas recomendações de Kuhnem et al. (2020), fornecendo via fertilizante mineral no sulco de plantio: 60 kg/ha de N, 65 kg/ha de P₂O₅ e 15 kg/ha

de K_2O . O manejo fitossanitário para manutenção do experimento foi realizado da seguinte forma: Após a emergência da cultura, foi feito manejo de ervas através de herbicida Ally®, na dose de 5g/há. Para manejo de insetos, foram realizadas aplicações no perfilhamento da cultura, dos inseticidas Trinca Caps® (Lambda-cialotrina) na dose de 30mL/há e Imidacloprid Nortox (Imidacloprid) , 250g/ha. O manejo de doenças foi realizado por meio de duas aplicações do fungicida Cronnos® (Mancozeb + Tebuconazol + Azoxistrobina) na dose de 2L/há, nos estádios de perfilhamento e florescimento, em todas as parcelas, ambos os anos.

No primeiro ano, a primeira colheita ocorreu em 06/08/2022 (Catuara plantado na primeira época), sete dias depois, foi realizada a colheita da cultivar Catuara plantada na segunda época. Todas as outras parcelas, de ambas as épocas, foram colhidas juntas, no mesmo dia, em 27/08/2022, com exceção da quarta época da cultivar Ponteiro, em função das chuvas, colhida 15 dias depois.

No segundo ano do experimento, as colheitas foram realizadas no mesmo dia para ambos os cultivares Em 22/08/2023, com exceção da cultivar Ponteiro, plantada na quarta época, colhida 10 dias depois.

Variáveis analisadas

- a) Emergência a campo: Número de dias percorridos da semeadura até a emergência de 50% das plântulas da parcela.
- b) Início do perfilhamento: número de dias percorridos da emergência de campo até a emissão do primeiro perfilho visível em 50% das plântulas na parcela.
- c) Florescimento: Número de dias percorridos da emergência de campo até a extrusão das anteras nas espiguetas em 50% das plantas na parcela (Rodrigues, 2011).
- d) Maturação: Número de dias percorridos da emergência de campo até a o máximo acúmulo de matéria seca nos grãos (maturação fisiológica) em 50% das plantas na parcela (Rodrigues, 2011).
- e) Altura de planta: será determinado com o auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre a superfície do solo e o ápice da espiga, exceto as anteras no momento da colheita, em 10 plantas ao acaso na área útil da parcela.

Determinação dos componentes fitotécnicos

- a) Número de espigas por metro: determinado por meio de contagem do número de espigas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas, em seguida, será calculado o número de espigas por m²;
- b) Número espiguetas por espiga: determinado em 10 espigas coletadas aleatoriamente na área útil da parcela;
- c) Número de grãos por espiguetas: determinado contando o número total de grãos em 10 espigas e dividindo pelo número de espiguetas por espiga;
- d) Número de grãos por espiga: determinado por meio da contagem dos grãos de 10 espigas e dividido pelo número de plantas;
- e) Massa de grãos por espiga: determinada segundo metodologia das regras de análises de sementes propostas pelo Brasil - Ministério da Agricultura (Brasil, 2009);
- f) Produtividade de grãos: determinada pela coleta das plantas contidas em 2 m² dentro da parcela útil. Após a trilha mecânica, os grãos serão pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida);

Análise Estatística.

Para análise dos componentes da produção foram utilizados dos modelos GAMLSS com distribuição Normal e função de ligação log para o parâmetro de locação. O fator Bloco foi inserido no modelo como efeito aleatório. O teste F tem sido considerado na análise de deviance para verificar o efeito de tratamento ($P < 0,05$). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificação a adequação da distribuição Normal aos resíduos do modelo. Para comparação entre os níveis dos tratamentos foi empregado o teste Tukey ao nível de 5% de significância. O efeito de “Época” foi considerado como um fator categórico (qualitativo).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

Safra 2022

Para safra 2022, foi observado que os componentes de produção foram influenciados pela época de semeadura; posto a interação significativa entre os componentes de produção e as épocas de semeadura (Tabela 4).

TABELA 2. Resultado da análise de *deviance* para as variáveis relacionados aos componentes da produção.

Variável	Estatística F			S-W	CV(%)
	Cultivar (C)	Época (E)	C x E		
Altura da Planta	104,427**	100,114**	13,103**	0,488	2,99%
Espiguetas	23,552**	22,031**	6,722**	0,213	6,24%
Grãos por Espiga	28,084**	36,020**	44,679**	0,807	5,39%
Grãos Espiguetas	0,443**	22,732**	13,358**	0,523	9,28%
Massa	91,737**	208,798**	59,209**	0,113	2,17%
Produtividade	33,063**	105,779**	8,455**	0,289	16,07%

**, significativo ao nível de 5% pelo teste F; S-W, valor p do teste de Normalidade Shapiro-Wilk; CV, coeficiente de variação

A definição da altura de plantas é determinada geneticamente, e influenciada por fatores ambientais, ou seja, plantas mais altas têm a capacidade de capturar mais luz solar, o que pode resultar em maior eficiência fotossintética (TAHMASEBI et al., 2013). Observando-se as cultivares em épocas de semeadura (FIGURA 3), as cultivares apresentaram maior altura quando semeadas na primeira época, sem diferença significativa e atingindo altura próxima à média destes cultivares (87 cm). A cultivar Catuara atingiu maior altura em relação à cultivar Ponteiro nas demais épocas à partir da segunda época de semeadura.

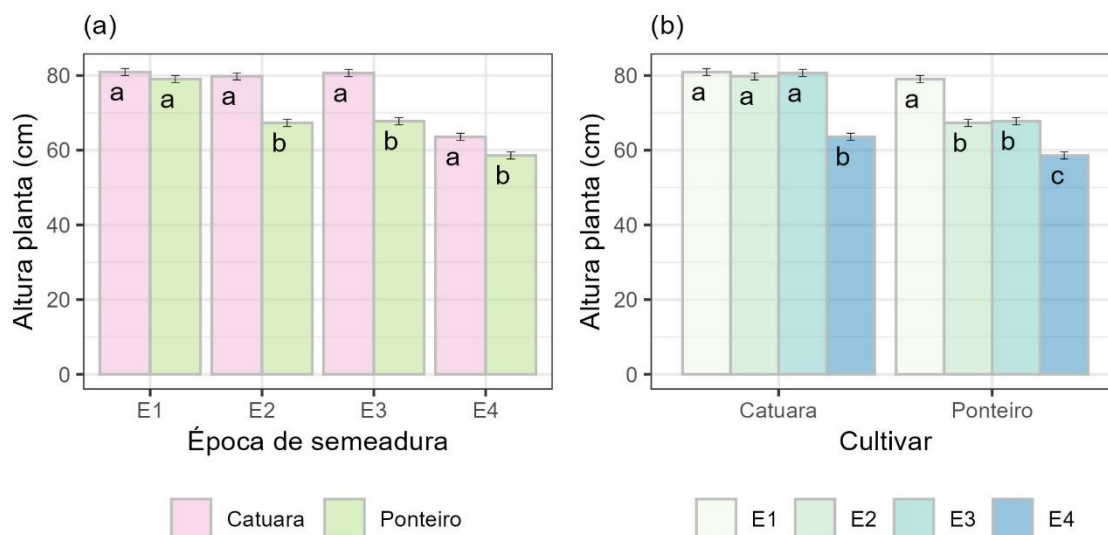


FIGURA 3. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), na altura de plantas (cm). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

Com relação à influência de épocas nas cultivares (FIGURA 3), é possível notar que a cultivar Catuara possui maior estabilidade para altura de plantas, como evidenciado pela menor altura apenas na quarta época. A cultivar Ponteiro sofreu maior efeito de épocas, sendo a primeira mais favorecida, com as segunda e terceira épocas não diferindo entre si e a última época apresentando menor crescimento.

O efeito observado pode ter sido influenciado pelos ciclos, observando-se as datas em que os eventos fisiológicos ocorreram. Na segunda (18/04/2022) e terceira (30/04/2022) épocas de semeadura, houve uma diferença de dias entre o início do alongamento do colmo e a antese entre as cultivares menor quando comparado à primeira época (06/04/2022).

Na primeira época a diferença foi de 20 dias entre as cultivares, enquanto para a segunda e terceira essa diferença no período para esteve em 12 e 11 dias, respectivamente.

A diferença de dias entre as cultivares pode ter sido reduzida em função do mês mais quente e menor disponibilidade hídrica, impactando na alturas de plantas. Estudos realizados por VARGA et al., (2014) destacam a relação entre a altura das plantas e a demanda de água, mostrando que em condições de seca, a altura das plantas pode ser diretamente proporcional à necessidade hídrica.

Logo, no mês de julho foi observado chuvas abaixo da média histórica (Figura do M&M); em torno de 3 mm abaixo dos 44 mm médios. Portanto, um fator que reforça a hipótese da influencia hidrica na altura de plantas.

A primeira época foi favorecida por precipitações dentro da média histórica (FIGURA 1). O período de alongamento do colmo foi encerrado ainda dentro do mês de julho, tendo as plantas recebido até o dia 30/06/2022 cerca de 380 mm de precipitação desde a semeadura. As semeaduras de segunda e terceira época receberam cerca de 173 mm e 189 mm, o que indica uma redução de 109 e 191 mm em relação à primeira época de semeadura, respectivamente. Este fator, associado ao aumento da temperatura no início de julho (FIGURA 1) pode ter contribuído para o fim do alongamento do colmo mais antecipadamente nas semeaduras de segunda e terceira época.

Para a variável número de espiguetas, a primeira época favoreceu ambas as cultivares quanto ao componente número de espiguetas por planta. Para as outras épocas, a cultivar Catuara de ciclo precoce, foi mais favorecida pelo ambiente na formação desta estrutura, também dependente de boas condições hídricas e térmicas durante a diferenciação.

A definição do número de espiguetas no trigo ocorre a partir do estágio de duplo anel, quando a planta apresenta 3-4 folhas, logo após o início do perfilhamento. É influenciada por uma combinação de fatores genéticos e ambientais. Os fatores genéticos desempenham um papel significativo na determinação do número de espiguetas férteis e estéreis por espiga, sendo que os genótipos têm um impacto maior sobre as últimas (ZEČEVIĆ et al., 2019). Quando se inicia o processo de alongamento do colmo, a quantidade de flores dentro de cada espiguetas será determinada, sendo este processo afetado pela interação ambiental.

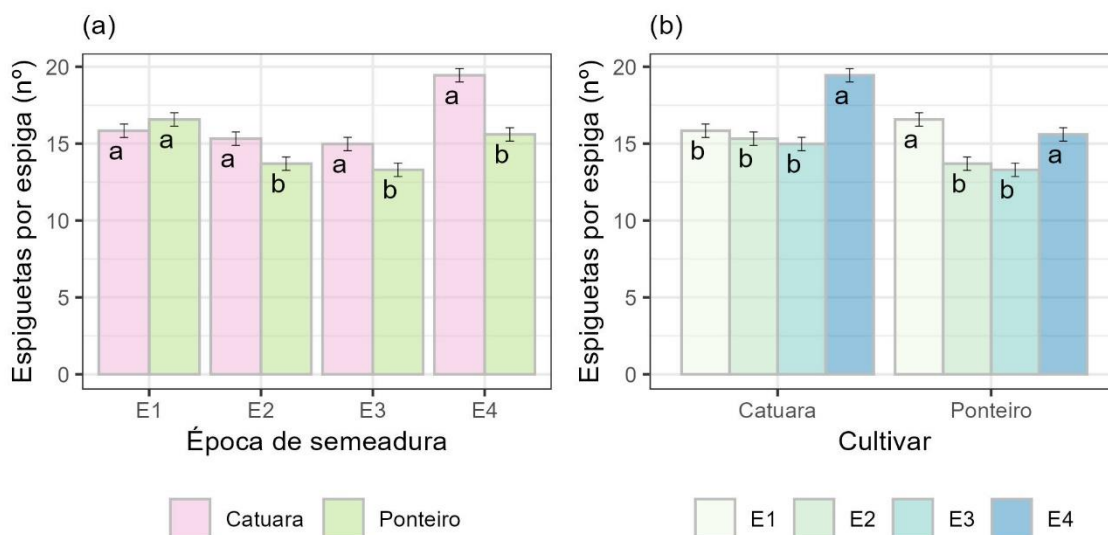


FIGURA 4. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), no número de espiguetas por planta. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

Desdobrando cultivares dentro de épocas (FIGURA 4), ambas as cultivares semeadas na quarta época (14/05/2022) apresentaram valores significativamente maiores de número de espiguetas por espiga. De acordo com HALSE (1974), a temperatura afeta o número de espiguetas principalmente por meio de sua influência sobre a taxa e a duração do aparecimento de primórdios florais após a iniciação floral.

Isso significa que a temperatura pode alterar a rapidez com que os primórdios das espiguetas se formam e a duração desse processo de formação, o que, por sua vez, determina o número total de espiguetas que podem se desenvolver na espiga de trigo. Os resultados do estudo mostraram que o número máximo de espiguetas foi alcançado em temperaturas intermediárias, variando de 10/5°C a 22/17°C para diferentes cultivares.

As temperaturas ocorridas no período de determinação do número de espiguetas para ambas as cultivares nas três primeiras épocas de semeadura ficaram entre 24/8°C no período entre o último decêndio de abril e segundo decêndio de maio. O momento de formação e diferenciação das espiguetas para as plantas semeadas na quarta época coincidiu com um aumento nas temperaturas mínimas à partir do segundo decêndio de junho promovendo menor amplitude térmica diária no momento de definição, 24/14°C.

Como também foi mostrado por HALSE (1974), as temperaturas ideais para máxima produção do número de espiguetas varia conforme a cultivar, sendo, nas

condições do experimento, a cultivar Catuara, superior nesta variável à cultivar Ponteiro em todas as épocas de semeadura.

As condições ambientais na quarta época de semeadura no momento de definição favoreceram ambas as cultivares. Temperaturas mais elevadas e menor amplitude térmica favorecem a variável número de espiguetas. DRECCER et al. (2014) discutiram que temperaturas entre 14 e 28 °C favoreceram a produção de mais espiguetas férteis por espiga em comparação com as temperaturas entre 10 e 20 °C.

Além disso, a produção de espiguetas foi 6% maior sob temperaturas oscilantes de 14 a 28 °C em comparação com entre 10 e 20 °C . Portanto, o que indica um efeito positivo das temperaturas mais altas e com menor amplitude térmica diária na quantidade de espiguetas produzidas, como foi observado nas semeaduras de quarta época para ambas as cultivares (FIGURA 2).

A primeira época de semeadura (06/04/2022) foi mais favorável a cultivar Catuara quanto à variável número de grãos por espiguetas (FIGURA 5). Entretanto, as segunda (18/04/2022) e terceira épocas (30/04/2022) não apresentaram diferenças entre cultivares. A quarta época (14/05/2022) apresentou diferença significativa entre cultivares, porém com maior amplitude que a primeira época, sendo a cultivar Ponteiro afetada negativamente.

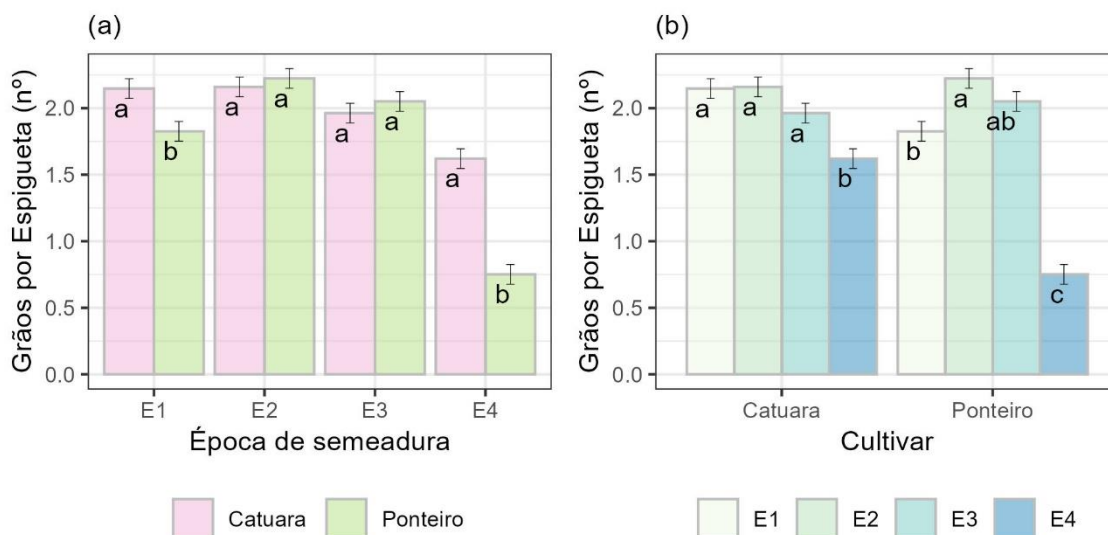


FIGURA 5. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), no número de grãos por espiguetta. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor $< 0,05$).

Comparando entre épocas (FIGURA 5), até a terceira época de semeadura não houve diferença significativa entre cultivares. Enquanto para a cultivar Ponteiro, a melhor resposta foi observada para a semeadura realizada na segunda e terceira época (18/04/2022).

O momento de florescimento marca a definição do número de grãos e a temperatura e disponibilidade hídrica também influenciam esse componente. Porém, o início da fase reprodutiva da planta, ao contrário do que se imagina não ocorre com a extrusão da espiga e sim no estágio de duplo anel, antes do início do processo de alongamento do colmo.

Para as três primeiras épocas, o período reprodutivo, à partir do estágio de duplo anel, não registrou déficit hídrico, devido à uma adequada distribuição de chuvas até a fecundação das flores que originaram os grãos. VAHAMIDIS et al. (2019) conduziram um estudo avaliando a relação déficit hídrico e o número de grãos e a conclusão do estudo é que o status hídrico da planta (calculado a partir do curso do potencial hídrico da folha ao longo do tempo) está fortemente relacionado com o número de grão.

O status hídrico das plantas durante a fase de primórdios florais explicou a maior parte da variação no número de grãos por espiga, floretes férteis por espiguetta, taxa de grãos e espiguetas férteis por espiga.

Além disso, foi observado que o status hídrico apresentou uma associação altamente positiva com o número de grãos por espiga, espiguetas férteis por espiga, e flores férteis por espiguetas, indicando a importância do status hídrico da planta na definição desses componentes.

Por ser uma variável dependente de outras variáveis, o número de grãos indica uma tendência à observada para o número de grãos por espiguetas. Observando épocas dentro de cultivares, nota-se que a semeadura da primeira, segunda e quarta épocas foram mais favoráveis para a cultivar Catuara em relação à cultivar Ponteiro (FIGURA 6).

A quarta época apresentou elevada diferença na quantidade de grãos entre cultivares, devido à baixa quantidade de espiguetas por planta. Ao se desdobrar cultivar dentro de cada época, observa-se que tanto a cultivar Catuara como a cultivar Ponteiro apresentaram o mesmo comportamento para primeira e segunda época de semeadura.

A cultivar Catuara não diferiu entre a primeira e segunda épocas, porém ambas foram superiores à terceira e quarta épocas, que não diferiram entre si. A cultivar Ponteiro foi superior em número de grãos quando plantada na segunda época, talvez em função de uma maior quantidade de grãos por espiguetas.

A primeira época diferiu da segunda, que foi também significativamente superior à terceira, esta muito prejudicada pela baixa quantidade de grãos por espiguetas. JI et al., (2017) mostraram efeito de baixas temperaturas nos componentes do rendimento do trigo nas fases de emergência e entumescimento do colmo com potencial de impactar negativamente a quantidade de grãos por reduzir a taxa de fotossíntese e a eficiência na fixação de carbono, levando a uma menor disponibilidade de carboidratos para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos.

Houve uma queda de temperatura a partir do segundo decêndio de junho que pode ter afetado as terceira e quarta épocas para a cultivar Catuara. As baixas temperaturas podem causar estresse no desenvolvimento do pólen, resultando em menor viabilidade deste e fertilização inadequada. O mês de julho praticamente não recebeu precipitação, e embora as temperaturas mínimas tenham se mantido baixas (2,7°C abaixo da média de 9,8°C), houve um aumento nas máximas (2,5°C acima da média de 29,6°C), elevando a amplitude térmica diária.

Estudos de RODRIGUES et al. (2007) mostram que o número de grãos foi determinante para a elevação do rendimento de grãos no Sul do Brasil entre 1940 e 1992, evidenciando a importância dessa variável como componente do rendimento. O mesmo

estudo mostra que o aumento no número de grãos foi mais relevante no período que o próprio peso de grãos.

A definição desse componente ocorre durante o período espiguetas terminal-antese, em que quanto maior sua duração, maior o número de grãos. O trabalho de MIRALLES et al., (2000) mostrou que a ocorrência desse período em temperaturas mais amenas impactaria no decréscimo no abortamento de flores e portanto, maior número de grãos.

Houve quedas nas temperaturas à partir do início de maio, mantendo-se assim até o início de julho, quando as temperaturas máximas apresentaram alta, como já foi discutido, permanecendo 2,5°C acima da média histórica do mês, e as mínimas 2,7°C abaixo.

Considerando que a cultivar Catuara apresentou antese ainda dentro do mês de junho, estas temperaturas amenas (24°/6°C) podem ter influenciado os valores de número de grãos por espiga de forma positiva. Na cultivar Ponteiro, a antese ocorreu dentro do mês de julho para todas as épocas, com exceção da primeira, ocorrida no fim de junho (30/06/2022).

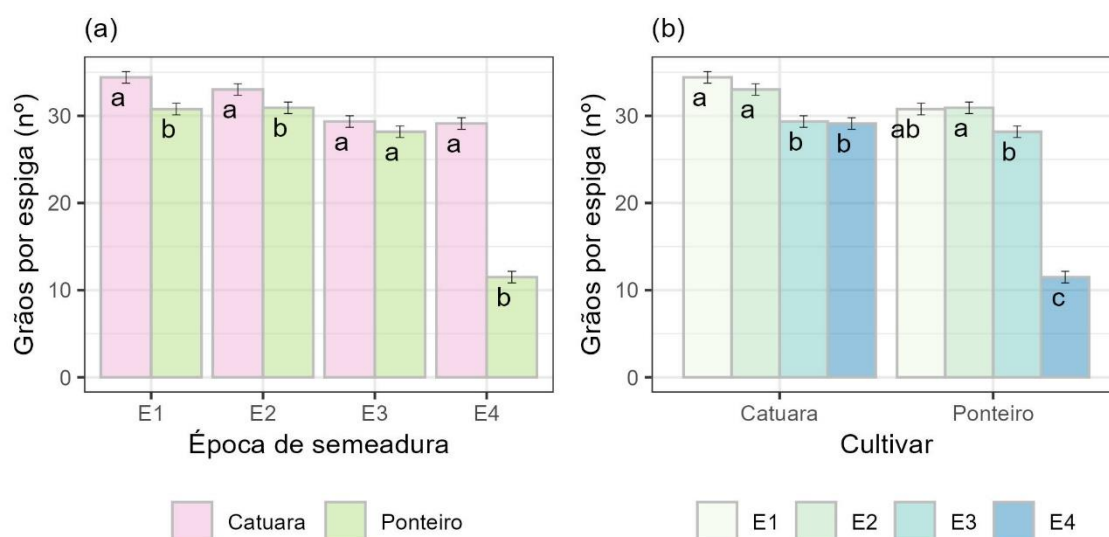


FIGURA 6. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), no número de grãos por espiga. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

Para a variável massa de mil grãos, as cultivares apresentaram diferenças para as três primeiras épocas de semeadura (FIGURA 7). A cultivar Catuara foi superior à cultivar Ponteiro nas duas primeiras épocas de semeadura. Na terceira, a cultivar Ponteiro apresentou maior massa de mil grãos. A quarta época não mostrou diferença entre as cultivares.

Desdobrando épocas em cultivares, nota-se interação entre cultivares e épocas (FIGURA 7). A cultivar Catuara apresentou maior massa de mil grãos na primeira época, seguida da quarta, segunda e terceira épocas. Na semeadura de primeira época, a antese ocorreu em 06/06/2022, período com boa disponibilidade hídrica e chuvas que ocorreram até o terceiro decêndio de junho (FIGURA 1).

A segunda e terceira épocas iniciaram o período de formação da colheita a partir do início de julho, período que houve aumento nas temperaturas máximas e estiagem que se estendeu por todo o mês, impactando negativamente a massa de mil grãos para as segunda e terceira épocas.

No mês de agosto, as chuvas foram acima da média, favorecendo a quarta época, cuja antese ocorreu em 15/07/2022. A quarta época também apresentou massa de mil grãos superior à segunda e terceira devido à menor quantidade de grãos por espiga.

Com relação à cultivar Ponteiro, a primeira e quarta épocas não apresentaram diferenças na massa de mil grãos. Isto pode ser explicado pelas mesmas razões quanto à pluviosidade e disponibilidade hídrica para formação de colheita. A antese da primeira época ocorreu em 28/06/2022, o que ainda representava uma condição de umidade disponível no solo.

A estiagem permaneceu até o início do mês de agosto, logo após a antese da semeadura de quarta época, também favorecida pela menor quantidade de grãos por espiga. Seguida delas, está a terceira época, diferente significativamente da segunda época, apresentando as menores massas de mil grãos, haja vista que ambas iniciaram o processo de enchimento de grãos na metade de julho, com diferença de 6 dias (11 e 16/07/2022), em estiagem prolongada.

A variável massa de mil grãos é dependente da atividade fotossintética. Esta por sua vez, é influenciada pela umidade do solo e pela própria biomassa fotossinteticamente produtiva, capaz de produzir fotoassimilados para formação da colheita e peso nos grãos colhidos. SEMNANINEJAD et al., (2021) mostram que a quantidade de dias para a maturidade fisiológica favorece maior massa de mil grãos e esta variável tem alta correlação com o rendimento final. Isto corrobora o que foi observado para a cultivar

Catuara plantada na primeira época, apresentando a maior quantidade de dias em processo de maturação entre todos os tratamentos (53 dias).

Apesar de ser uma característica herdável e de caráter genético (TAHMASEBI et al., 2013), a massa de mil grãos também é influenciada pelas condições ambientais. Isto pode ser observado pela massa de mil grãos média de cada cultivar fornecida pelas empresas desenvolvedoras e as observadas em campo.

Na cultivar Catuara, apenas semeadura de primeira época apresentou massa de mil grãos (39,5g) próxima à média da cultivar (43g). A cultivar Ponteiro teve a primeira (32,5g) e quarta (32,6g) épocas mais próximas das características genéticas de massa de mil grãos fornecidas pela detentora da cultivar (34g) conforme a FIGURA 7.

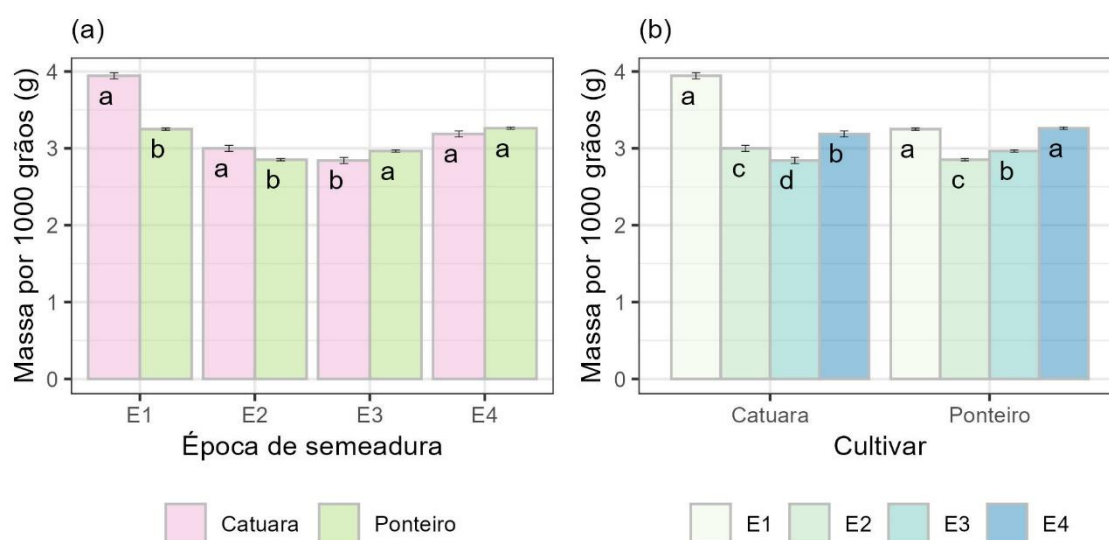


FIGURA 7. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), na massa de mil grãos (g). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

Avaliando-se a produtividade entre cultivares, nota-se que com exceção da terceira época, a cultivar Catuara, de ciclo precoce, apresentou produtividade superior à de ciclo tardio, Ponteiro. Mesmo as médias de precipitação muito acima em abril, em outras épocas também notou-se maior produtividade para a cultivar Catuara. O mês de julho apresentou médias menores de precipitação, o que afetou as terceira e quarta épocas da cultivar precoce, que se encontrava definindo a massa de mil grãos.

O fator de impacto que pode ter favorecido à cultivar Ponteiro na terceira época sobre a cultivar Catuara é justamente a massa de mil grãos superior, o que corrobora os dados de RACZ et al., (2015) sobre a importância desta variável na produtividade. Desdobrando épocas, a cultivar Ponteiro apresentou maior resiliência entre épocas, não apresentando diferenças entre as três primeiras semeaduras.

A cultivar de ciclo precoce, Catuara, apresentou a melhor produtividade na terceira época. O bom ajuste da época de semeadura para cultivares precoces, recebendo quantidade adequada de chuvas dentro do período que compreende o estágio espiguetas terminal-antese, parece ser a tendência para maiores produtividades de trigo na região de Dourados. Além disso, houve maior duração do período de maturação, como foi mostrada na correlação positiva deste fator com a produtividade, devido ao aumento na massa de mil grãos (SEM NANINEJAD et al., 2021). Trabalhos como o de FIETZ et al., (2005), mostram que melhor época de semeadura para trigo na região de Dourados, MS, é preferencialmente no início do mês de abril. A deficiência hídrica no trigo, os riscos de geada, temperaturas altas nos subperíodos reprodutivos e o excesso de chuva na colheita aumentam com o atraso da semeadura, tornando o início de abril a época mais adequada para plantio. Esta mesma época de semeadura foi corroborada pelos dados observados no experimento.

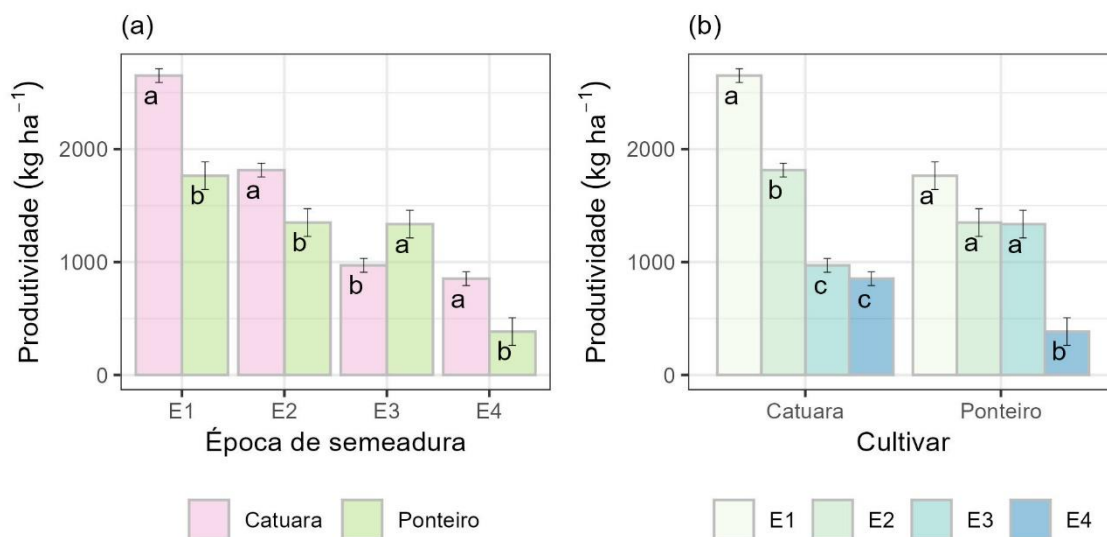


FIGURA 8. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), na produtividade de grãos (kg/ha). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

O principal fator envolvido na interação de épocas x cultivares é o clima, sobretudo através da temperatura e volume/distribuição das chuvas. Estes são os fatores ambientais que atuam diretamente no comportamento de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura. A forma mais comum de maximizar os efeitos e mitigar os danos causados por tais fatores é o ajuste da época de semeadura, como mostram as interações entre tratamentos (época de semeadura e cultivar), de forma a posicionar a cultura na melhor janela (época de semeadura) possível no que se refere a estes fatores.

As cultivares de trigo semeadas na primeira época foram beneficiados com bons volumes de chuva no início do estabelecimento e durante o perfilhamento, apresentando as melhores produtividades, tanto para a cultivar TBIO Ponteiro (P1), quanto para a IPR Catuara (C1). O ano de 2022 apresentou um volume de chuvas inicial com abril sendo mais chuvoso que a média história (98mm) em cerca de 93 mm. O mês de maio também apresentou volume acima do esperado, em cerca de 10 mm.

Essas precipitações acima das médias favoreceram particularmente as duas primeiras épocas de semeadura para ambos os cultivares (C1, C2, P1, P2), realizadas na primeira (06/04/2022) e segunda quinzena do mês de abril (18/04/2022). Não houve diferença de dias para o início do perfilhamento, em ambas as cultivares e épocas.

Em síntese, para safra 2022 o desempenho das cultivares de trigo é influenciado pela combinação específica de cultivar e época de semeadura, sendo essencial considerar essa interação para otimizar o manejo do cultivo.

Safra 2023

Para safra 2023, com exceção da altura de plantas e espiguetas por espigas, para todos os outros componentes de produção houve interação significativa. Dessa forma, o que reforça a hipótese destes componentes de produção serem os mais influenciados por diferentes épocas de semeadura (Tabela 5).

TABELA 3. Resultado da análise de *deviance* para as variáveis relacionados aos componentes da produção.

Variável	Estatística F			S-W	CV(%)
	Cultivar (C)	Época (E)	C x E		
Altura da Planta	4,757**	16,135**	0,816	0,526	6,19%
Espiguetas	8,491**	1,722	2,733	0,117	5,91%
Grãos por Espiga	0,286	1,881	12,951**	0,481	13,10%
Grãos Espiguetas	3,608	1,133	10,100**	0,917	14,88%
Massa	794,030**	1740,811**	938,307**	0,686	0,105%
Produtividade	9658,988**	5313,434**	1202,072**	0,465	0,78%

**, significativo ao nível de 5% pelo teste F; S-W, valor p do teste de Normalidade Shapiro-Wilk; CV, coeficiente de variação

Analisando a variável grãos por espiguetas, em cultivares dentro de épocas (FIGURA 9), nota-se que apenas a semeadura de quarta época (15/05/2024) apresentou diferença significativa entre cultivares, com efeito positivo sobre a cultivar Catuara e negativo para a cultivar Ponteiro. Nesse sentido, se repetiu o mesmo resultado da safra 2022. Portanto, indicando que a quarta época de cultivo influencia negativamente no número de grão por espiguetas.

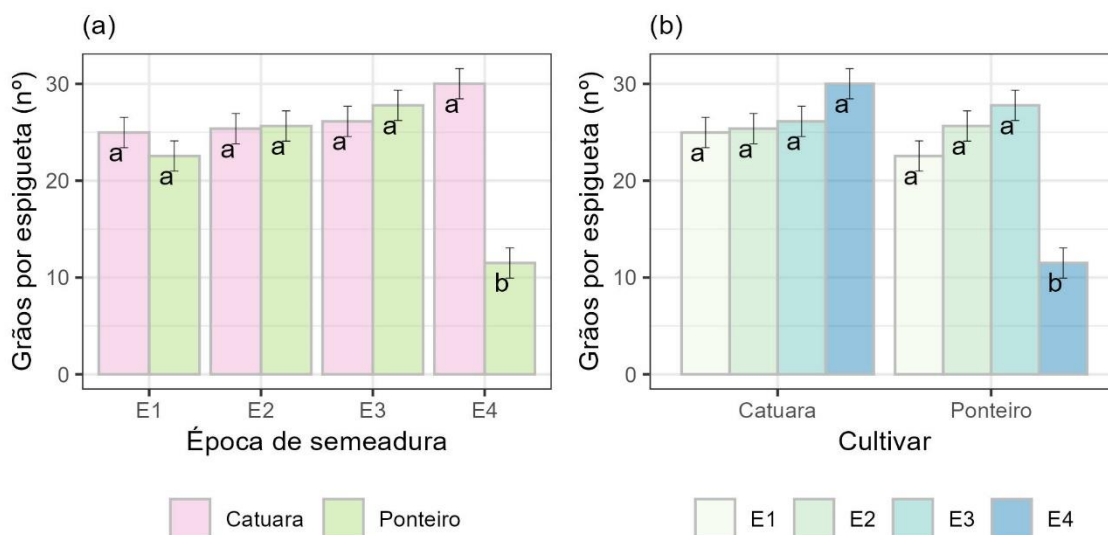


FIGURA 9. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), no número de grãos por espiguetas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor $< 0,05$).

Quando da interação das épocas de semeadura em função das cultivares, observa-se que apenas uma delas foi significativamente influenciada; dado a quarta época de cultivo. De outra forma, a igualdade para outras épocas, independente da cultivar, denotam que o número de grãos por espiguetas mantém estabilidade. Isso é de suma importância, uma vez que o número de grãos é um componente fundamental para a composição do rendimento do trigo, sendo considerado por muitos autores como o principal fator (SLAFER et al, 2022; GRIFFITHS et al, 2015; VESOHOSKI et al, 2015).

A definição deste componente ocorre logo após o fim do perfilhamento. Como já foi mostrado por VAHAMIDIS et al (2019), o número de grãos da planta tem relação com seu status hídrico. A disponibilidade de água favorece a fertilidade das espiguetas, permitindo um aumento no número de grãos. Para este momento, houve melhor distribuição pluviométrica, favorecendo as três primeiras épocas de semeadura. Os volumes de precipitação diminuíram significativamente até o segundo decêndio de agosto, impactando a quarta época. A manutenção de níveis ideais de umidade no solo, especialmente durante os principais estágios de desenvolvimento, é essencial para maximizar o número de grãos por espiga e o rendimento geral de grãos do trigo.

A irrigação adequada, as práticas eficientes de gestão da água e a seleção de variedades de trigo tolerantes à seca podem ajudar a atenuar os efeitos negativos do déficit hídrico sobre esse importante componente da produção (TAMRAZOV, 2021). Ambas as

cultivares de quarta época apresentaram atraso na emergência em cerca de 10 dias. Nesse sentido, afetando o início do estágio reprodutivo.

O volumes de chuva foram 44,9 mm, 32,6 mm e 10,3 mm nos meses de maio, abril e junho, respectivamente. Estes volumes foram cerca de 100 mm abaixo do ano anterior e 150 mm abaixo do volume histórico, no acumulado para os 3 meses. As temperaturas seguiram o mesmo padrão de 2022, ficando abaixo das médias históricas nos meses de maio e junho e com julho cerca de 1°C mais quente. Houve duas quedas bruscas nas temperaturas mínimas, em ambos anos, ocorrendo nos mesmos momentos observados, nos segundos decêndios de maio e junho.

As temperaturas mínimas registradas foram 6,7°C e 7°C no segundo decêndio de maio para 2022 e 2023, respectivamente. As temperaturas mínimas registradas no segundo decêndio de junho foram 4,9°C em 2022 e 5,7°C em 2023.

A variável grãos por espiga é dependente das variáveis grãos por espiguetas e espiguetas por planta. Por esta razão, nota-se o mesmo comportamento para as épocas dentro de cultivares e cultivares em épocas para o ano de 2023 (FIGURA 10).

Em relação à 2022, houve uma tendência semelhante para ambas as cultivares quando semeadas em 4ª época, apresentando valores significativamente inferiores independente do desdobramento. Entretanto, nota-se um padrão diferente do observado no ano anterior, provavelmente pelo impacto das variáveis que compõem grãos por espiga (FIGURA XX), possivelmente grãos por espiguetas. Este momento de definição de grãos por espiga é fundamental para a cultura. Como já foi discutido, a definição ocorre durante o período de espiguetas terminal-antese, em que quanto maior sua duração, maior o número de grãos.

O número de grãos por espiga no trigo é influenciado por vários mecanismos fisiológicos e fatores ambientais, especialmente a disponibilidade de água. Assim, o déficit hídrico pode levar a uma redução na taxa de aparecimento de folhas (menor maquinaria fotossintética), fator crítico para determinar o número potencial de grãos por espiga (SMUTNÁ et al, 2018).

Neste mesmo estudo, em condições de déficit hídrico, a planta pode alocar recursos para manter funções essenciais, como o crescimento da raiz e a captação de água, em vez de investir no desenvolvimento de grãos. Essa mudança na alocação de recursos pode resultar na formação de um menor número de grãos por espiga, enquanto a planta busca manter as atividades fisiológicas essenciais.

A limitada disponibilidade hídrica intensifica a competição entre os grãos em desenvolvimento dentro da mesma espiga pelos recursos disponíveis, como água, nutrientes e energia. Essa competição intra-espiga pode levar a uma redução no número total de grãos que atingem a maturidade.

Além disso, a resposta fisiológica ao estresse por seca varia entre os diferentes genótipos de trigo, o que também pode influenciar o número de grãos por espiga. Alguns genótipos podem apresentar alterações mínimas nas características fisiológicas sob estresse, o que ajuda a manter um número maior de grãos por espiga em comparação com outros genótipos que podem sofrer impactos mais significativos em condições semelhantes (TAMRAZOV et al, 2021).

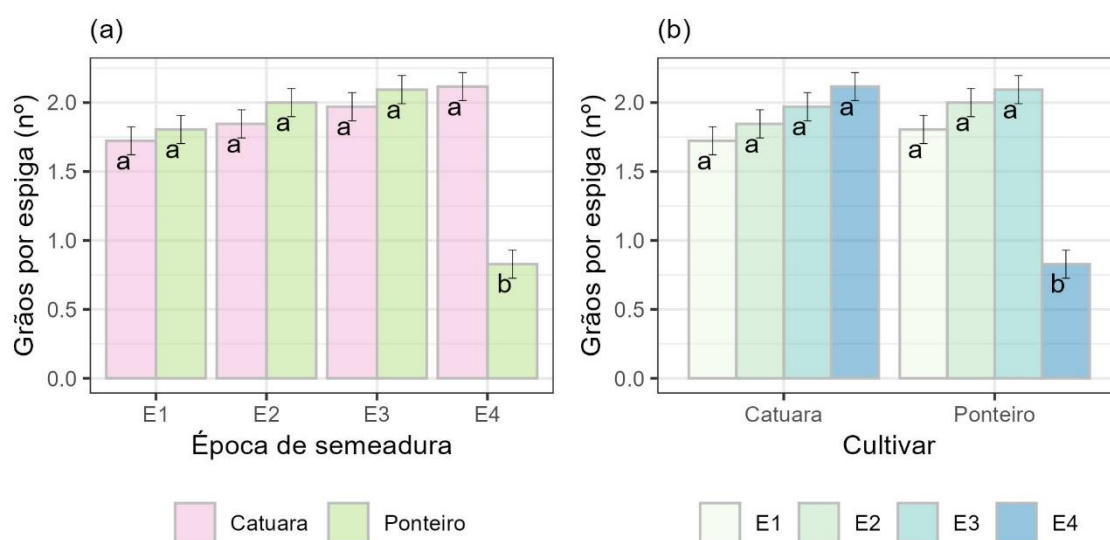


FIGURA 10. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), no número de grãos por espiga. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor $< 0,05$).

Para a variável massa de mil grãos, apenas a terceira época de semeadura seguiu a mesma tendência do ano anterior para o ano de 2023, observando-se épocas de semeadura em cultivares. A primeira época impactou positivamente a cultivar Ponteiro, assim como a terceira, enquanto a cultivar Catuara apresentou massa de mil grãos superior na segunda e quarta épocas.

Ocorreram precipitações durante à antese das cultivares Ponteiro semeadas em primeira e terceira época, o que pode ter sido um fator impactante. As chuvas do segundo

decêndio de agosto podem ter impactado ambas as cultivares semeadas em quarta época, entretanto, como já foi discutido, a herança genética é um fator definidor da massa de mil grãos das cultivares. Além disso, o resultado observado para a variável massa de mil grãos maior e uma das cultivares pode ter sido devido à efeito de concentração.

WU et al. (2018) evidenciaram que o genótipo é fator determinante da taxa de enchimento de grãos de trigo, como observado por outros autores (MA et al, 2023; YU et al, 2022). Variações nos genes relacionados à alocação de recursos, fotossíntese, metabolismo de carboidratos e regulação hormonal podem afetar a taxa e a duração do enchimento de grãos devido às interações da planta com o ambiente (WU et al, 2018).

Analizando as épocas em cultivares, diferença na massa de mil grãos entre cultivares, corroborando com os autores citados, a influência genotípica nesta variável, enquanto na terceira e quarta épocas os valores inferiores, mas não diferentes entre si. A primeira época apresentou a menor massa de mil grãos (FIGURA 11).

A massa de grãos é dependente também da temperatura média que ocorre no período de enchimento de grãos (MENÉNDEZ e SATORRE, 2007). Segundo os autores essa massa de grãos tende a decair linearmente com o aumento da temperatura durante o período de enchimento de grãos, o que foi observado para a cultivar Catuara semeada em terceira e quarta épocas.

Observa-se que as temperaturas estavam baixas no segundo decêndio de junho (GRÁFICO 2), quando da antese nas semeaduras de primeira e segunda épocas (11/04 e 21/04/2023, respectivamente). Entretanto, houve um evento de precipitação que pode ter tido impacto positivo na terceira época, cuja antese ocorreu no 1º decêndio de julho.

As temperaturas começaram a subir a partir do segundo decêndio de julho, com média para o mês de 19°C, com 0,7°C acima da média histórica. A precipitação foi de 10,3 mm neste mesmo mês, 34 mm abaixo da média histórica. O mês de agosto apresentou médias de 19,6°C, com 2°C acima da média histórica. Neste mês, as chuvas foram 33,9 mm acima da precipitação média do mês, que é de 44,3 mm, totalizando 78,2 mm.

A temperatura é um dos fatores climáticos mais importantes que podem influenciar o momento e a duração do estágio de enchimento de grãos no trigo. SLAFER & SAVIN (1991) evidenciaram que as temperaturas basais para essa fase da cultura são de no mínimo 8°C. Estudos com curvas de resposta à temperatura no período de enchimento de grãos mostraram uma linearidade na taxa de acúmulo de massa seca dos

grãos até 25°C, com uma resposta análoga para a duração da fase de 32°C (GIROUSSE et al ,2021).

Temperaturas elevadas podem acelerar o desenvolvimento da cultura, levando a um período mais curto de enchimento de grãos e à redução da interceptação da radiação solar pela planta (HEMALATHA et al., 2013). A aceleração dos processos fisiológicos leva a um menor acúmulo de fotoassimilados nos grãos, prejudicando sua massa e também sua qualidade.

Como discutido em relação ao impacto do genótipo, a cultivar Ponteiro obteve valores de massa de mil grãos mais próximas da massa informada pela detentora da cultivar, que é de 34g e 43g para a cultivar Catuara. Ambas as cultivares apresentaram valores entre 27 e 28,7 gramas para peso de mil grãos, conforme mostra a FIGURA 11.

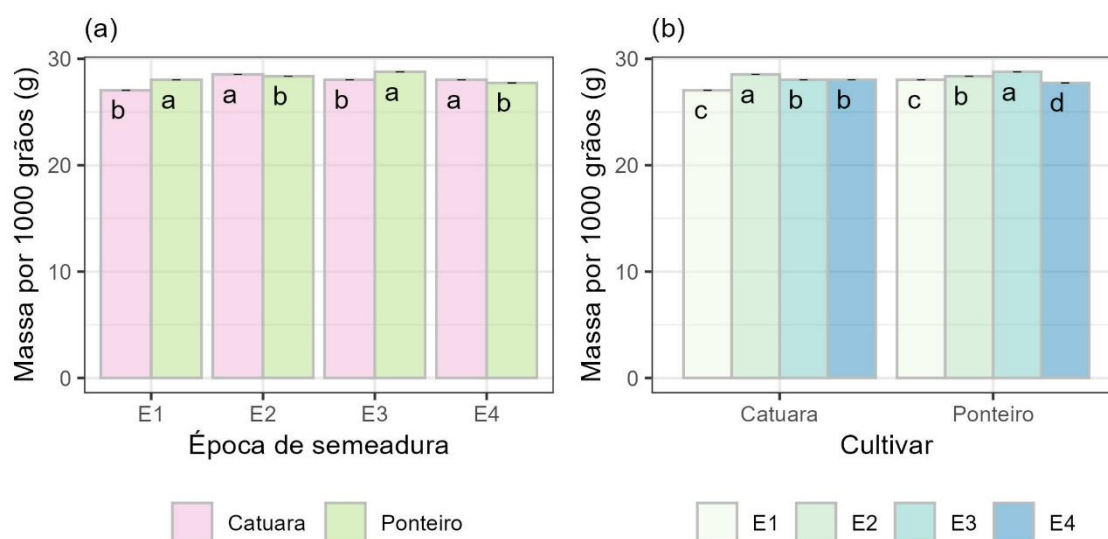


FIGURA 11. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), na massa de mil grãos (g). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

O segundo ano do experimento (2023) foi afetado pelo fenômeno El Niño, o que levou a uma precipitação total de 292,5 mm no período do experimento, abril a setembro. Este volume de chuvas foi inferior ao ano anterior (2022), cuja somatória para os mesmos meses foi de 609 mm.

Em sistemas de sequeiro, a disponibilidade de água durante o enchimento de grãos é o fator mais importante. O estresse da seca durante esse período pode ter um impacto significativo na produção e na qualidade do trigo (EL-RADY, 2023). As plantas de trigo modificam seus processos físico-químicos em resposta ao déficit hídrico (WATO, 2020).

Quando submetidas a estresses por déficit hídrico, ocorre o fechamento dos estômatos para prevenir a perda de água por transpiração, diminuição da fotossíntese, redistribuição de fotoassimilados, alterações na estrutura das proteínas, e alterações na composição hormonal (KHATIWADA, et al., 2020). Dados os resultados, este comportamento pode ter tido influência na produtividade observada.

A revisão dos autores ainda cita respostas da planta para aliviar os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio geradas durante o estresse, como a produção de antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POX), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX). Essas enzimas desempenham um papel crucial na neutralização dos radicais livres e na proteção das células contra danos oxidativos.

Além do menor volume de chuvas, as temperaturas do mês de maio foram 3°C acima da média dos meses de maio de 2022. A temperatura de agosto de 2023 também foi registrada 3°C acima do ano anterior. Nestes meses, ocorreram os principais eventos fisiológicos do desenvolvimento vegetal da cultura que podem vir a impactar a produtividade, seja no início do alongamento do caule (período espiguetagem terminal-antese) ou durante o enchimento de grãos. Nos meses de abril, junho e julho, as temperaturas de 2023 foram cerca de 0,5°C em média menores que as dos mesmos meses de 2022.

As temperaturas mais elevadas em 2023 corresponderam a fases fenológicas fundamentais para o desenvolvimento da cultura e houve impacto destas nos componentes de rendimento e produtividade.. Os estresses térmicos causados pelo calor acabam interferindo em processos como a germinação de sementes, crescimento meristemático, desidratação com transpiração excessiva, senescência foliar, distorção das atividades fotossintéticas e aumento da taxa de respiração, conforme elucidado por POULDEL et al. (2021).

A redução da taxa fotossintética ainda pode afetar a translocação de fotoassimilados resultando na utilização de reservas de caule como fonte de carbono necessário para o enchimento de grãos e inibir as vias metabólicas envolvidas na síntese de amido nas plantas de trigo. Isso pode resultar em uma diminuição na quantidade de

amido produzida e armazenada nos grãos, afetando a capacidade da planta de acumular energia e sustentar a produtividade.

Diante do cenário, quando se observa a variável produtividade de cultivares dentro de épocas, nota-se uma inversão na tendência do ano de 2022, quando a cultivar Catuara obteve maiores produtividades em relação à cultivar Ponteiro. Cultivares de ciclo precoce apresentam taxas de trocas gasosas inferiores, atividade do fotossistema 2 e rendimento sob estresse menores, e são mais sensíveis ao estresse por calor, com o momento e a duração do estresse desempenhando um papel significativo em sua resposta (GUAN et al, 2015; BALLA et al, 2019).

Em decorrência das observações, nota-se que ainda que tenha havido interferência negativa do clima e interação entre as cultivares e época, a primeira época de semeadura (1ª quinzena de abril) foi mais favorecida pelas condições ambientais (FIGURA 2). Isto indica que esta época, assim como observado no trabalho de FIETZ et al (2005), apresenta-se como a que melhor proporciona condições ambientais adequadas para a cultura. Esta época de semeadura também é indicada para semeadura de todos os grupos de cultivares segundo o ZARC.

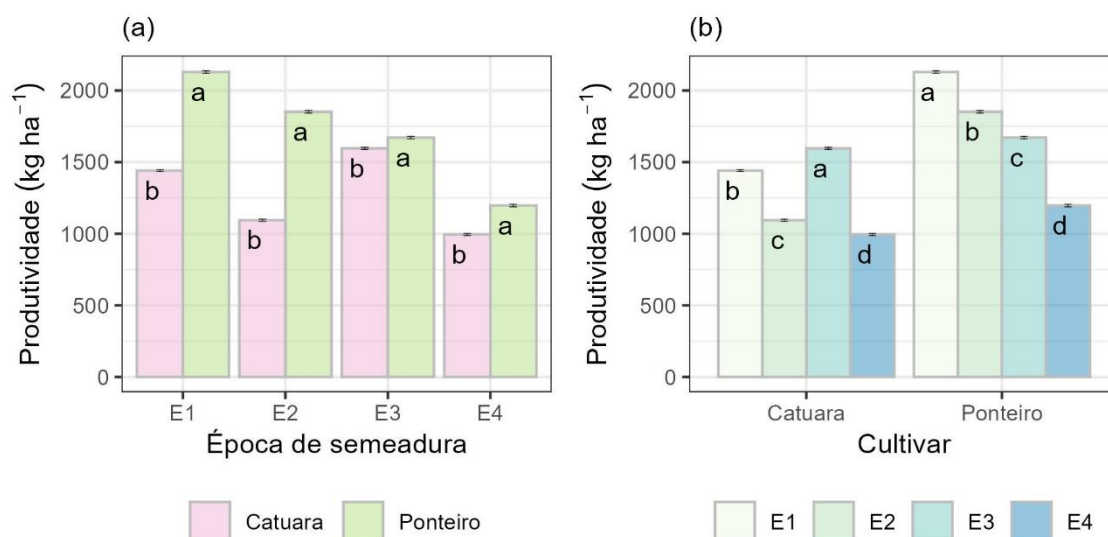


FIGURA 12. Efeitos da interação entre as épocas de semeadura (a) e cultivares (b), na produtividade de grãos (kg/ha). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p -valor < 0,05).

CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o início do cultivo da cultura do trigo na região sul de Mato Grosso do Sul deve ser realizado na 1ª quinzena de abril. Dessa forma, tem-se as condições mais favoráveis para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

ANEXOS

TABELA 4. Quantidade de dias para ocorrência de processos, decorridos do plantio à maturidade fisiológica no ano de 2022

	Plantio- Emergência	Emergência- Perfilhamento	Perfilhamento- Florescimento	Florescimento- Maturidade	Total dias
C1	6	10	47	53	115
C2	7	14	50	40	110
C3	7	14	44	54	119
C4	9	11	42	31	93
P1	6	11	66	39	122
P2	7	15	62	36	119
P3	7	14	56	37	114
P4	9	11	57	53	130

TABELA 5. Quantidade de dias para ocorrência de processos, decorridos do plantio à maturidade fisiológica no ano de 2023.

	Plantio- Emergência	Emergência- Perfilhamento	Perfilhamento- Florescimento	Florescimento- Maturidade	Total dias
C1	6	11	39	40	96
C2	6	14	38	36	94
C3	7	9	42	33	91
C4	18	13	47	21	99,25
P1	6	11	55	34	106
P2	6	14	48	28	96
P3	7	11	48	40	105
P4	18	13	48	31	109

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, Muhammad et al. Nitrogen nutrition improves the potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) to alleviate the effects of drought stress during vegetative growth periods. *Frontiers in plant science*, v. 7, p. 981, 2016.

AGROSTAT, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
<https://mapaindicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html>
 Acesso em 03/10/2024

ALBERTO, C. M. et al. Resposta à vernalização de cultivares brasileiras de trigo. *Bragantia*, v. 68, n. 2, p. 535-543, 2009.

ANDARZIAN, B. et al. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 14, n. 2, p. 189-199, 2015.

ASSENG, S. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, v. 5, n. 2, p. 143-147, fev. 2015.

BALLA, Krisztina et al. Heat stress responses in a large set of winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) depend on the timing and duration of stress. *PLoS One*, v. 14, n. 9, p. e0222639, 2019.

BANGAR, S. et al. Effect of Sowing Dates on Yield and Growth Parameters on Different Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 9, n. 3, p. 2139-2148, 2020.

BOREÉM, A.; SCHEEREN, P. L. Trigo: Do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa: UFV, 2015. 260 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CAKMAK, Ismail. Magnesium in crop production, food quality and human health. *Plant and soil*, v. 368, n. 1, p. 1-4, 2013.

CANTARELLA, Heitor et al. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. *Journal of advanced research*, v. 13, p. 19-27, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). Boletim da Safra de Grãos. [S.l.], 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). Série História Trigo. [S.l.], 2023.

DA CUNHA, G. R. et al. Comportamento Bioclimático de Trigos Brasileiros, 2013.

DENG, Y. et al. Phosphorus efficiency mechanisms of two wheat cultivars as affected by a range of phosphorus levels in the field. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, p. 1614, 2018.

DEL COCO, Laura et al. Variability and site dependence of grain mineral contents in tetraploid wheats. *Sustainability*, v. 11, n. 3, p. 736, 2019.

DEL POZO, A. El rol de la temperatura y radiación solar en el crecimiento y la producción del trigo primaveral, con diferentes épocas de siembra. *Agricultura Técnica (Santiago)*, v. 48, n. 3, p. 242-251, 1988.

DIAS, J. P. T. Importância da Ecofisiologia Vegetal e Mudanças Climáticas para Culturas Agrícolas. In: DIAS, J. P. T. *Ecofisiologia de Culturas Agrícolas*. 1. ed. Belo Horizonte: UEMG, 2018. cap. 1, p. 168.

DRECCER, M. Fernanda et al. More fertile florets and grains per spike can be achieved at higher temperature in wheat lines with high spike biomass and sugar content at booting. *Functional Plant Biology*, v. 41, n. 5, p. 482-495, 2014.

DUBEY, R. et al. Impact of Sowing Dates on Terminal Heat Tolerance of Different Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. *National Academy Science Letters*, v. 42, n. 6, p. 445-449, dez. 2019.

EL-RADY, Abd et al. Evaluation of some bread wheat genotypes for grain yield and components under water stress conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, v. 101, n. 1, p. 110-118, 2023.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL (Brasil). Boletim Semanal Casa Rural. Campo Grande, n. 427, 2021. 50 p.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL (Brasil). Boletim Semanal Casa Rural. Campo Grande, n. 406, 2021. 39 p.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL (Brasil). Boletim Semanal Casa Rural. Campo Grande, n. 502, 2023. 44 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 11 mar. 2024.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; CATTO, J. B. Circular Técnica 24: Época de semeadura do milho safrinha, com base na deficiência hídrica e no risco de geada, na região sul de Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 4 p. (Circular Técnica, 24).

FIETZ, C. R.; SOUSA, P. G.; URCHER, M. A. Análise da época de semeadura para trigo na região de Dourados, MS. *Ver. Bras. Agromet*, v. 13, p. 59-63, 2005.

FLUMIGNAN, L. D. et al. Influência da Irrigação no Cultivo do Trigo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, jan./fev. 2013. p. 75-88.

FRADGLEY, N S.; BENTLEY, A R.; SWARBRECK, S. M. Defining the physiological determinants of low nitrogen requirement in wheat. *Biochemical Society Transactions*, v. 49, n. 2, p. 609-616, 2021.

FRIZZONE, J. A.; OLITTA, A. F. L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento e na produção do trigo. *Engenharia Rural*, Piracicaba, n. 1, p. 23-36, 1990.

GARCIA, R. A. et al. Soybean-corn succession according to seeding date. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 53, p. 22-29, jan. 2018.

GIROUSSE, Christine et al. How does post-flowering heat impact grain growth and its determining processes in wheat?. *Journal of Experimental Botany*, v. 72, n. 18, p. 6596-6610, 2021.

GRIFFITHS, S et al. Genetic dissection of grain size and grain number trade-offs in CIMMYT wheat germplasm. *PloS one*, v. 10, n. 3, p. e0118847, 2015.

GROSS, T. F. et al. Comportamento produtivo do trigo em diferentes métodos e densidades de semeadura. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 11, n. 4, p. 50-60, 2013.

GOUT, Elisabeth et al. Interplay of Mg^{2+} , ADP, and ATP in the cytosol and mitochondria: unravelling the role of Mg^{2+} in cell respiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 43, p. E4560-E4567, 2014.

GUAN, X.-K. et al. Effect of drought on the gas exchange, chlorophyll fluorescence and yield of six different-era spring wheat cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 201, n. 4, p. 253-266, 2015.

GUERRA, A. F. Manejo da irrigação do trigo para obtenção da máxima produtividade na região dos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, abr. 1995. p. 515-521.

HEMALATHA, S. et al. Crop weather relations in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agrometeorology*, v. 15, n. 2, p. 165-166, 2013.

HALSE, N. J.; WEIR, R. N. Effects of temperature on spikelet number of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 25, n. 5, p. 687-695, 1974.

JI, Hongting et al. Effects of jointing and booting low temperature stresses on grain yield and yield components in wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 243, p. 33-42, 2017.

JING, B. H. et al. YIELD RESPONSE OF WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) TO WATER STRESS IN NORTHERN CHINA: A META-ANALYSIS. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 18, n. 1, p. 433-446, 2020.

KAUR, S.; SINGH, S. P.; KINGRA, P. K. Relationship of Wheat Yield with Agroclimatic Indices under Varying Thermal Regimes, Nitrogen Levels and Stress

Management Strategies. International Journal of Bio-resource and Stress Management, v. 7, n. 4, p. 870-876, 2016.

KHATIWADA, A. et al. Effects of Drought Stress on Yield and Yield Attributing Characters of Wheat: A Review. Agriways, v. 8, n. 2, p. 118-124, 2020.

KIRBY, E. J. M. Ear development in spring wheat. The Journal of Agricultural Science, v. 82, n. 3, p. 437-447, jun. 1974.

KISS, T. et al. Effects of ambient temperature in association with photoperiod on phenology and on the expressions of major plant developmental genes in wheat (TRITICUM AESTIVUM L.). Plant, Cell & Environment, v. 40, n. 8, p. 1629-1642, ago. 2017.

MA, Bin; ZHANG, Lin; HE, Zuhua. Understanding the regulation of cereal grain filling: the way forward. Journal of Integrative Plant Biology, v. 65, n. 2, p. 526-547, 2023.

MARSCHNER, H. (Ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, 2012.

MENÉNDEZ, Fernando J.; SATORRE, Emilio H. Evaluating wheat yield potential determination in the Argentine Pampas. Agricultural Systems, 2007.

NESAR, N. A. et al. Terminal Heat Stress and Its Mitigation Options through Agronomic Interventions in Wheat Crop: A Review. International Journal of Environment and Climate Change, p. 131-139, 2022.

NIEVES-CORDONES, M. et al. K⁺ uptake in plant roots. The systems involved, their regulation and parallels in other organisms. Journal of plant physiology, v. 171, n. 9, p. 688-695, 2014.

OLIVEIRA, C.; FRIZZAS, M. Eight Decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What We Know and What We Need to Know. Neotropical Entomology, p. 1-17, 2021.

QU, Bo et al. Root morphology and physiological of their relationship with nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). Heliyon, v. 10, n. 8, 2024.

PAULETTI, V. et al. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2019. 2^a ed. Curitiba: SCBC/NEPAR.

PEREIRA, J. F.; CUNHA, G. R. D.; MORESCO, E. R. Improved drought tolerance in wheat is required to unlock the production potential of the Brazilian Cerrado. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 19, n. 2, p. 217–225, jul. 2019.

PÉREZ-GIANMARCO, T. I.; SLAFER, G. A.; GONZÁLEZ, F. G. Photoperiod-sensitivity genes shape floret development in wheat. Journal of Experimental Botany, v. 70, n. 4, p. 1339–1348, 20 fev. 2019.

PIANA, C. D. B.; CARVALHO, F. F. D. Trigo: A cultura que deu suporte à civilização. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, 2008. 909 p.

POUDEL, Harikala et al. Effect of Heat Stress in Wheat: A Review. *Agriculture and Environment*, v. 2, n. 5, p. 63-69, 2021.

RACZ, Ionuț et al. Performance and stability of grain yield and yield components in some winter wheat varieties. *Romanian Agricultural Research*, n. 32, 2015.

RAGEL, Paula et al. Regulation of K⁺ nutrition in plants. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 281, 2019.

RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronômico. Campinas. 2001.

RENGEL, Zed; CAKMAK, Ismail; WHITE, Philip John (Ed.). *Marschner's mineral nutrition of plants*. Academic Press, 2022.

REYNOLDS, M.; BRAUN, H. International Workshop of the Wheat Yield Consortium, 3. Obregón, Sonora, MX: [s.n.]. 2013.

RODRIGUES, O. et al. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 1998. 839-846.

RODRIGUES, O. et al. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 817-825, 2007.

ROSE, T. J. et al. Perturbation of nutrient source–sink relationships by post-anthesis stresses results in differential accumulation of nutrients in wheat grain. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 178, n. 1, p. 89-98, 2015.

SELEIMAN, Mahmoud F. et al. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 259, 2021.

SEMNANINEJAD, H. et al. Correlation and path coefficient analyses of phenological traits, yield components and quality traits in wheat. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p. 597-603, 2021.

SILVA, A G B et al. Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, v. 109, n. 1, p. 1-13, 2017.

SLAFER, G.A. et al. Physiological drivers of responses of grains per m² to environmental and genetic factors in wheat. *Field Crops Research*, v. 285, p. 108593, 2022.

SLAFER, G. A.; SAVIN, R. Developmental Base Temperature in Different Phenological Phases of Wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Experimental Botany*, v. 42, n. 8, p. 1077–1082, 1991.

SLAFER, G. A.; WHITECHURCH, E. M. Manipulating wheat development to improve adaptation. In: _____. *Application of physiology in wheat breeding*. [S.l.]: [s.n.], 2001. p. 160-170.

SLAFER, G.; RAWSON, H. Sensitivity of Wheat Phasic Development to Major Environmental Factors: a Re-Examination of Some Assumptions Made by Physiologists and Modellers. *Functional Plant Biology*, v. 21, n. 4, p. 393, 1994.

- SMUTNÁ, Pavlína; ELZNER, Petr; STŘEDA, Tomáš. The effect of water deficit on yield and yield component variation in winter wheat. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, v. 83, n. 1, p. 105-111, 2018.
- SZARKA, András; LŐRINCZ, Tamás; HAJDINÁK, Péter. Friend or foe: the relativity of (anti) oxidative agents and pathways. *International journal of molecular sciences*, v. 23, n. 9, p. 5188, 2022.
- TAHMASEBI, G.; HEYDARNEZHADIAN, J.; ABOUGHADAREH, A. P. Evaluation of yield and yield components in some of promising wheat lines. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, v. 5, n. 20, p. 2379, 2013.
- TAMRAZOV, T. The Drought Effect on Morphophysiological Parameters and Crop Performance Indicators of the Studied Local Wheat Genotypes. *Bulletin of Science and Practice*, 2021.
- TAVANTI, Tauan Rimoldi et al. Micronutrient fertilization enhances ROS scavenging system for alleviation of abiotic stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 160, p. 386-396, 2021.
- THOR, Kathrin. Calcium—nutrient and messenger. *Frontiers in plant science*, v. 10, p. 440, 2019.
- TRIPATHI, Durgesh Kumar et al. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 37, p. 1-14, 2015.
- USDA. Foreign Agriculture Services. United States Department of Agriculture, 2022. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 8 Abril 2023.
- VAHAMIDIS, P.; KARAMANOS, A. J.; ECONOMOU, G. Grain number determination in durum wheat as affected by drought stress: An analysis at spike and spikelet level. *Annals of Applied Biology*, v. 174, n. 2, p. 190-208, 2019.
- VASCONCELLOS, M. A. S. Introdução à Economia. [S.l.]: Editora Saraiva, 2012. ISBN 9788502146075. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502146075/>>. Acesso em: 23 Abril 2023.
- VARGA, B. et al. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 201, n. 1, p. 1-9, 2015.
- VESOHOSKI, Fernando et al. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. *Revista Ceres*, v. 58, p. 337-341, 2011.
- YUNZE, S.; SHUANGSHENG, G. Effects of photoperiod on wheat growth, development and yield in CELSS. *Acta Astronautica*, v. 105, n. 1, p. 24-29, dez. 2014.
- WANG, Yi et al. Magnesium isotope fractionation reflects plant response to magnesium deficiency in magnesium uptake and allocation: a greenhouse study with wheat. *Plant and soil*, v. 455, p. 93-105, 2020.

WATO, Tamirat. Growth and yield performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) to under water stress conditions. *Agricultural Science Digest-A Research Journal*, v. 41, n. 2, p. 301-306, 2021.

WU, Xiaoli et al. Characterization of the rate and duration of grain filling in wheat in southwestern China. *Plant Production Science*, v. 21, n. 4, p. 358-369, 2018.

YU, Hai-Xia et al. Genetic dissection of the grain-filling rate and related traits through linkage analysis and genome-wide association study in bread wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 21, n. 10, p. 2805-2817, 2022.

ZEČEVIĆ, V. et al. Genetic and phenotypic variability of number of spikelets per spike in winter wheat. *Kragujevac Journal of Science*, v. 31, p. 85-90, 2009.