



KAMILLA SOUZA DIAS

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE
TRIGO DE DIFERENTES TAMANHOS
SUBMETIDAS A VARIAÇÕES DE TEMPERATURA**

**LAVRAS – MG
2024**

KAMILLA SOUZA DIAS

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE TRIGO DE
DIFERENTES TAMANHOS SUBMETIDAS A VARIAÇÕES DE
TEMPERATURA**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Curso de
Agronomia, para a obtenção do
título de Bacharel.

Prof^a. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Me.. Gabriela Ribeiro Gontijo
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2024**

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE TRIGO DE DIFERENTES TAMANHOS SUBMETIDAS A VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma cultura fundamental na agricultura mundial, cujo rendimento é diretamente afetado por variações climáticas. Este estudo investigou a influência do tamanho das sementes e diferentes temperaturas no vigor e na germinação de 10 cultivares de trigo. Foram utilizadas 10 cultivares fornecidas pela BIOTRIGO Genética, classificadas em três tamanhos (2,25mm (P), 2,5mm(M) e 2,75mm(G)) e submetidas às temperaturas de 10 °C, 20 °C e 30 °C. As avaliações incluíram teste de germinação, plântulas normais, sementes duras, sementes dormentes, medições de comprimento de parte aérea, parte radicular, comprimento total, matéria fresca e matéria seca após oito dias. Os resultados obtidos em todas as avaliações foram submetidos à ANOVA, sendo os tratamentos organizados em um fatorial 3 x 10 (3 temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C) x 10 cultivares). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico R team 2022. De posse dos resultados observou-se que o desenvolvimento máximo de parte aérea e comprimento total foi observado a 30°C, enquanto temperaturas mais baixas (10 °C) resultaram no menor desenvolvimento. Apesar de 30°C ser superior à temperatura ótima para o trigo, proporcionou maior vigor nas sementes. Além disso, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada através de testes de germinação, mostrando que temperaturas extremas, como 10 °C, reduziram significativamente o percentual de germinação em algumas cultivares, evidenciando a sensibilidade das sementes a essas condições. Este estudo destaca a importância da escolha do tamanho das sementes, da cultivar e das condições ambientais para otimizar a produtividade de trigo em diferentes regiões e condições climáticas, como no cerrado brasileiro ou em cultivos de segunda safra.

Palavras-chave: Estresse Térmico; Triticultura; Classificação.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum*) is a fundamental crop in global agriculture, whose yield is directly affected by climatic variations. This study investigated the influence of seed size and different temperatures on the vigor and germination of various wheat cultivars. Ten cultivars provided by BIOTRIGO Genética were used, classified into three sizes (2.25mm (S), 2.5mm (M), and 2.75mm (L)) and subjected to temperatures of 10 °C, 20°C, and 30°C. The evaluations included germination tests, normal seedlings, hard seeds, dormant seeds, measurements of shoot length, root length, total length, fresh weight, and dry weight after eight days. All results were subjected to ANOVA, with treatments arranged in a 3 x 10 factorial design (3 temperatures (10 °C, 20 °C, and 30 °C) x 10 cultivars). Treatment means were compared using the Scott-Knott test at a 5% significance level. Data analysis was performed using the R Team 2022 statistical software. The results showed that the maximum shoot development and total length occurred at 30 °C, while lower temperatures (10 °C) resulted in minimal development. Although 30 °C exceeds the optimal temperature for wheat, it promoted greater seed vigor. Additionally, the physiological quality of the seeds was evaluated through germination tests, showing that extreme temperatures, such as 10 °C, significantly reduced germination percentages in some cultivars, highlighting the seeds' sensitivity to such conditions. This study emphasizes the importance of seed size, cultivar selection, and environmental conditions to optimize wheat productivity in different regions and climates, such as the Brazilian Cerrado or second-season crops.

Keywords: Thermal Stress; Wheat Cultivatio; Classification.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 Triticultura no Brasil e no mundo.....	8
2.2 Características morfológicas do trigo.....	10
2.3 Parâmetros tecnológicos do desenvolvimento de sementes.....	12
2.4 Efeito da temperatura nas plantas de trigo.....	13
2.5 Qualidade e beneficiamento de sementes de trigo.....	14
2.6 Testes que avaliam a qualidade de sementes de trigo.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
4.1 Análise fisiológicas em sementes de tamanho P (< 2,25mm) submetidas a três diferentes temperaturas.....	22
4.2 Análise fisiológicas em sementes de tamanho M (< 2,5mm) submetidas a três diferentes temperaturas.....	37
4.3 Análise fisiológicas em sementes de tamanho G (< 2,75mm) submetidas a três diferentes temperaturas.....	51
5 CONCLUSÃO.....	64
6 BIBLIOGRAFIA.....	65

KAMILLA SOUZA DIAS

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE TRIGO DE DIFERENTES
TAMANHOS SUBMETIDAS A VARIAÇÕES DE TEMPERATURA**

**GERMINATION AND VIGOR OF WHEAT SEEDS OF DIFFERENT SIZES
SUBJECTED TO TEMPERATURE VARIATIONS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 22 de janeiro de 2025

Ms. livia Karine Pereira UFLA

MS. Ivan David Briceno Pinzon UFLA

Dra. Genaina Aparecida de Souza EPAMIG

Prof^a. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Msa. Gabriela Ribeiro Gontijo
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2025**

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum L.*) é uma cultura originária de regiões montanhosas do Sudoeste da Ásia, em uma região denominada Crescente Fértil. É amplamente reconhecido como o segundo cereal mais cultivado globalmente, após o milho (FAO, 2023). No Brasil, na safra 2022/23, o trigo atingiu um novo recorde com a produção estimada em 10,5 milhões de toneladas (CONAB, 2024)

Segundo Souza e Ramalho (2001), o êxito da produção de trigo na região do Brasil-Central está condicionado a diversos elementos, sendo a disponibilidade de cultivares tolerantes ao calor, de particular importância. A temperatura elevada ($>30^{\circ}\text{C}$) durante o período de enchimento dos grãos é reconhecida como uma das principais restrições à melhoria da produtividade do trigo em climas tropicais.

A cultura do trigo é frequentemente integrada em sistemas de manejo rotativo, especialmente com milho e soja, proporcionando benefícios como cobertura do solo, controle de pragas e doenças, e redução da exposição do solo (Lamas, 2018). Dentro dessa cadeia produtiva, a seleção e o uso de sementes de alta qualidade são fatores primordiais para o alcance de elevados rendimentos agrícolas.

A produção do trigo no Brasil ainda não é autossuficiente, o mercado nacional ainda necessita da importação de países como Argentina, Estados Unidos, Paraguai e Uruguai (ABITRIGO, 2022). Contudo, nota-se o crescimento contínuo das áreas dedicadas ao cultivo do trigo, almejando a autossuficiência na produção e o abastecimento do cereal. Para alcançar esse objetivo, é importante o crescente desenvolvimento de tecnologias de manejo em todas as fases de produção, desde a seleção da área até as etapas de preparo do solo, semeadura, colheita, beneficiamento, secagem, armazenamento e comercialização.

A importância do controle da qualidade das sementes se constitui como um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso da lavoura, a

qual envolve a avaliação integrada de quatro atributos principais: genético, fisiológico, físico e sanitário. Esses aspectos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do estande adequado e na alta produtividade da cultura no campo. Entre esses atributos, a qualidade física refere-se principalmente à pureza do lote, caracterizada pela porcentagem de sementes puras presentes na amostra (BRASIL, 2009)

Durante o beneficiamento de sementes de culturas como soja e milho, realiza-se a classificação, que consiste na uniformização do insumo com base em seu tamanho, forma e densidade. Esse procedimento contribui para a maior padronização dos lotes comerciais e para a obtenção de um estande mais homogêneo e uniforme. No entanto, no caso do trigo, não se realiza a classificação das sementes por tamanho. Esta característica física pode variar por diversos motivos, incluindo a posição da semente na espiga durante o processo de formação (Keler; Martynova, 2021).

Acredita-se que sementes de maior tamanho possuem maior vigor devido ao maior conteúdo de reservas, podendo resultar em maior taxa de sobrevivência das plântulas e melhor desempenho no campo. Portanto, a utilização de peneiras para classificar sementes de trigo em diferentes tamanhos pode ser uma estratégia relevante para a separação precisa dos lotes comerciais (Ambika *et al.*, 2014; Bianchi *et al.*, 2022). Neste estudo, o objetivo foi avaliar, em diferentes cultivares de trigo, a influência do tamanho das sementes na qualidade fisiológica quando em diferentes temperaturas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Triticultura no Brasil e no mundo

O trigo (*Triticum aestivum L.*) espécie da família Poaceae, teve seu processo de domesticação iniciado aproximadamente há 10 mil anos. Esse evento desempenhou um papel crucial na mudança do estilo de vida nômade para o estabelecimento dos primeiros povoados. (Caierão *et al.*, 2016).

O trigo é uma gramínea anual autógama, classificada como cultura de primavera, inverno ou facultativa, de acordo com sua resposta ao fotoperíodo e temperatura, os quais determinam a época de plantio. O ciclo da cultura pode variar conforme a zona bioclimática e o genótipo da cultivar (Caierão *et al.*, 2016).

Foram necessários milhares de anos de processo seletivo natural e artificial para desenvolver as variedades de trigo cultivadas atualmente (Borém; Scheeren, 2015). Dentre as várias espécies pertencentes ao gênero *Triticum*, atualmente apenas *T. aestivum* e *T. durum* possuem relevância comercial.

Semelhante aos outros cereais de inverno, o cultivo de trigo tem como objetivo principal a produção de grãos, destacando-se como o segundo cereal mais produzido mundialmente. (FAO, 2023). O grão desse cereal é rico em carboidratos, vitaminas, gorduras e proteínas, o qual desempenha um papel socioeconômico significativo ao ser amplamente utilizado na alimentação humana diária, na forma de farinha para a produção de pães, matérias, biscoitos e cervejas. Além disso, o trigo é utilizado na alimentação animal, seja como forragem ou farelo, e também é empregado na composição de produtos não alimentícios, como cosméticos, embalagens e fármacos (Borém; Scheeren, 2015).

O trigo é uma cultura amplamente distribuída em todas as regiões do Brasil, tendo sido inicialmente introduzido no país pelo estado de São Paulo (Caierão *et al.*, 2016). Devido ao cultivo como segunda safra anual, o trigo desempenha um papel importante na composição de sistemas de produção agrícola sustentáveis, sendo uma alternativa viável para sucessão e rotação de culturas (Borém, Scheeren, 2015). Este sistema de manejo oferece amplos benefícios às lavouras, como a formação de palhada para cobertura do solo, controle de pragas e doenças, e redução da exposição do solo (Lamas, 2018).

No ciclo agrícola 2023/24, a estimativa é de uma produção de 9,06 milhões de toneladas de trigo no Brasil, com 90% dessa produção

concentrada na região sul do país. Em contrapartida, a área plantada na safra de 2024 registrou uma redução de aproximadamente 11,4% em comparação com a safra anterior (CONAB, 2022).

Entretanto, a produção total do grão ainda não é o suficiente para a demanda brasileira. O consumo nacional de trigo é de aproximadamente 12,3 milhões de toneladas (CONAB, 2023). De acordo com a USDA (2024), estima-se que o Brasil importará 5,5 milhões de toneladas nesta safra e terá uma produção de 9,5 milhões de toneladas.

A comercialização de sementes de trigo no Brasil, assim como para outras culturas, deve obedecer aos padrões mínimos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária, que incluem uma taxa mínima de germinação de 80% e pureza mínima de 98% (BRASIL, 2013). Para suprir a demanda do mercado em termos de qualidade e quantidade, é essencial adotar práticas que promovam a produção de sementes de alta qualidade e que favoreçam o estabelecimento adequado das lavouras (Cardoso *et al.*, 2021).

O rendimento da cultura e a eficiência no uso de recursos dependem do sucesso do desenvolvimento das plantas no campo. Nesse contexto, a qualidade da semente desempenha um papel crucial ao influenciar a capacidade de germinação e o desenvolvimento rápido e uniforme das plantas em diferentes condições ambientais (Finch-Savage; Bassel, 2016).

2.2 Características morfológicas do trigo

A planta de trigo é uma gramínea estruturada em raízes, colmo, folhas e inflorescência. Seu sistema radicular é fasciculado, com a ocorrência de brotações de afilhos, conforme as condições de solo e clima (Caierão *et al.*, 2016). As raízes seminais são responsáveis pela absorção de nutrientes e água no início do desenvolvimento das plântulas, e tem como

principal função o seu estabelecimento na lavoura até o início do afilhamento. Até o momento dessas raízes se tornarem funcionais, a nutrição da plântula é obtida pelo endosperma da semente. Posteriormente, ocorre o desenvolvimento das raízes permanentes e, eventualmente, raízes adventícias (Borém; Scheeren, 2015).

O colmo da planta de trigo é oco, cilíndrico e a quantidade de nós pode variar entre genótipos e ambientes. Após a emissão do coleóptilo, a planta desenvolve de seis a nove folhas sendo as mesmas, dispostas de maneira alteranada. O tamanho, número, forma, posição e cerosidade das folhas são alguns fatores importantes para caracterização das cultivares de trigo e determinação do rendimento de grãos. Os nutrientes estocados nos colmos e folhas, os quais são essenciais na fase de enchimento de grãos, são translocados para as espigas na fase de florescimento (Borém; Scheeren, 2015, Caierão *et al.*, 2016).

A inflorescência do trigo é em forma de espiga, formada por espiguetas constituídas por duas a nove flores. Na fase de antese, após a fecundação, ocorre a extrusão das anteras e se inicia a formação das sementes (Borém; Scheeren, 2015).

A semente de trigo é do tipo cariopse, seca e indeiscente, composta pelo endosperma e o embrião, que são envolvidos pelo pericarpo, a testa e camada de aleurona (Júnior *et al.*, 2018). O formato das sementes pode variar desde curto e arredondado, até estreito e comprido. Essas características podem causar diferenças significativas em seu peso específico (Borém; Scheeren, 2015). O tamanho das sementes pode variar conforme sua localização na inflorescência, independentemente do estágio de desenvolvimento da cultura. Sementes na parte do meio da espiga são maiores e mais pesadas que aquelas localizadas nas partes inferior e superior (Keler; Martynova, 2021).

O endosperma é formado por grânulos de amido e representa cerca de 83% da semente, enquanto o embrião ocupa apenas uma pequena porcentagem da cariopse mor. A respeito da composição química, cerca de

90% da matéria seca da semente de trigo é constituída por amido, proteínas e polissacarídeos da parede celular. Já os lipídios, terpenos, compostos fenólicos, minerais e vitaminas, estão presentes, contudo, em menores quantidades (Shewry *et al*, 2013).

Durante os processos de formação e maturação das sementes, ocorrem modificações que podem fornecer informações importantes para a adoção da tecnologia adequada (Eichelberger, 2011), dentre elas o tamanho, quantidade de matéria seca, teor de água, potencial de germinação e vigor. O conhecimento dessas características são primordiais para produção de sementes de alta qualidade.

2.3 Parâmetros tecnológicos do desenvolvimento de sementes

O desenvolvimento da semente se inicia a partir do óvulo fecundado, e suas características de desempenho podem ser influenciadas por processos fisiológicos durante o crescimento da planta, após a indução floral (Marcos Filho, 2005). O aproveitamento de nutrientes para a planta, impacta na qualidade das sementes, uma vez que influencia diretamente a composição química, o desenvolvimento do embrião e as reservas estruturais que têm efeito sobre o desempenho fisiológico das sementes. Plantas com boa nutrição apresentam maior aptidão para produzir uma quantidade elevada de sementes de alta qualidade (Sá, 1994).

A maturação das sementes é um processo constituído por um conjunto de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem até que as sementes se tornem independentes da planta-mãe, atingindo a maturidade fisiológica (Delouche, 1971), que pode ser identificado, no caso do trigo, pela planta completamente seca, espigas decumbentes e aristas abertas. Neste momento, a semente apresenta o potencial máximo de matéria seca e de qualidade fisiológica (Eichelberger, 2011).

A germinabilidade das sementes aumenta durante o processo de maturação e atinge o seu pico, próximo ao momento em que suspende o

fluxo de matéria seca da planta para as sementes (Marcos Filho, 2005). Além disso, a quantidade de sementes vigorosas também aumenta ao longo desse processo, atingindo seu ápice próximo ou coincidente com o máximo acúmulo de matéria seca (Assis; Dalastra, 2019; Marcos Filho, 2005).

O tamanho da semente é outra característica que se modifica durante o seu desenvolvimento. Inicialmente, devido às intensas divisões celulares e à expansão, há um crescimento gradual da semente, que atinge o seu tamanho máximo na metade do período de acúmulo de matéria seca (Marcos Filho, 2005). Em sementes de trigo, são 40 dias após o florescimento para alcançar o tamanho máximo (Carvalho; Yanai, 1976). Posteriormente, ocorre a desidratação da semente, o que resulta na redução do seu tamanho

À medida que estudos sobre a maturação foram divulgados, o vigor das sementes ganhou maior destaque (Marcos Filho, 2015). Todas essas características que formam o processo de desenvolvimento das sementes são essenciais na tecnologia de produção para a otimização do manejo e a obtenção de um insumo de elevada qualidade.

2.4 Efeito da temperatura nas plantas de trigo

Cada espécie apresenta uma faixa de temperatura crítica e ideal, não apenas para o percentual final de germinação, mas também para a velocidade com que esse processo ocorre (Socolowski; Takaki, 2004). Para a germinação de sementes de trigo a temperatura ideal encontra-se entre 15 a 20°C (BRASIL, 2009b), para os autores Doorenbos e Kassam (1979) a temperatura para o crescimento encontra-se entre 15 e 20°C e para Fischer (1985) entre 20 e 25°C.

Em temperaturas baixas, a absorção de água pode ocorrer, porém pode não ser seguida pelo desenvolvimento do embrião, podendo causar danos a ele ou às plântulas, resultando na interrupção do processo. Altas temperaturas podem possibilitar a absorção de água, mas não favorecem o crescimento do embrião e o estabelecimento da plântula (Matheus; Lopes,

2009).

Nos estudos anteriores sobre trigo (Blum e Sinmena, 1994; S. Alka e R. Khanna-Chopra, 1995), foi evidenciada a existência de variabilidade genética na tolerância ao calor durante o estágio de plântula. Nesse contexto, há indícios de que a capacidade de suportar altas temperaturas na planta adulta está correlacionada com a tolerância alcançada no estágio de plântula (Blum E Sinmena, 1994).

Conforme Fokar *et al.* (1998), elevadas temperaturas representam um dos principais fatores de estresse ambiental que limitam a produtividade do trigo, tornando a tolerância ao calor, um objetivo indispensável nos programas de melhoramento genético.

Temperaturas elevadas durante o ciclo da cultura de trigo podem ocasionar diminuição no crescimento radicular, na emissão de perfilhos produtivos e na maturação das espiguetas e flores. (Souza & Ramalho 2001, Dias & Lidon 2009, Pimentel Et Al. 2015), Além disso, ocorre redução na área foliar e na taxa de flores fecundadas, o que pode resultar na diminuição do período de crescimento e na produção de grãos com peso reduzido (Rahman Et Al. 2009, Ribeiro Et Al. 2012).

Durante o processo germinativo das sementes, os carboidratos localizados no endosperma constituem a principal fonte de energia, o qual perdura até a fase inicial do crescimento de plântulas (Bruckeridge *et al.*, 2004). Quando essas plântulas são submetidas a altas temperaturas, a eficiência do uso dos carboidratos armazenados é função da tolerância ao calor de cada genótipo, eficiência traduzida pelo menor consumo de carboidratos no processo respiratório, proporcionando maior acúmulo de matéria seca da plântula (Blum E Sinmena, 1994)

2.5 Qualidade e beneficiamento de sementes de trigo

A semente desempenha um papel crucial na disseminação da tecnologia agrícola. Portanto, é essencial utilizar sementes de alta qualidade, que engloba atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários

(Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018; Peske; Villela; Meneguello, 2019). A qualidade da semente está diretamente relacionada à obtenção de elevadas produtividades, uma vez que resulta em maior taxa de emergência e uniformidade de germinação, além de promover o desenvolvimento de plântulas vigorosas e com excelente desempenho no campo (Rosa *et al.*, 2017).

Lotes de sementes de qualidade superior resultam em estandes de plantas com taxas de crescimento superiores às observadas em lotes de baixo vigor, os quais geram plântulas fracas e com menor capacidade competitiva no campo (Bagateli *et al.*, 2019; Tavares *et al.*, 2013; Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018). Essas características, especialmente o vigor, também estão associadas ao tamanho da semente durante o desenvolvimento da plântula (Eichelberger, 2016).

O tamanho das sementes constitui um indicador físico fundamental da qualidade, uma vez que diferentes tamanhos podem conter quantidades variáveis de amido e outras reservas energéticas. Essa variação pode afetar a taxa de germinação, emergência e crescimento inicial das plântulas, além de impactar o desempenho da cultura em condições adversas no campo. (Adebisi *et al.*, 2013; Shahi *et al.*, 2015). Geralmente, sementes maiores são mais bem nutridas durante sua formação, possuindo embriões bem desenvolvidos e maiores reservas (Bianchi *et al.*, 2022). Além disso, sementes grandes demonstram maior taxa de sobrevivência de plântulas, crescimento mais robusto e melhor desempenho no campo em comparação às sementes pequenas (Ambika; Manonmani; Somasundaram, 2014).

O beneficiamento de sementes engloba um conjunto de operações com a finalidade de aprimorar as características de um lote, envolvendo a limpeza, padronização e embalagem adequada para armazenamento e distribuição. É crucial executar o processo de beneficiamento de maneira correta para preservar a qualidade das sementes obtidas no campo (Nerling *et al.*, 2014). Além disso, o beneficiamento de sementes também é responsável por garantir que os lotes estejam em conformidade com os

padrões mínimos exigidos para comercialização, como estabelecido na Instrução Normativa nº 45 de 2013 (BRASIL, 2013).

Em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), as etapas fundamentais do processo incluem a recepção das sementes, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, tratamento, envase dos lotes e armazenamento, antes da distribuição para o mercado. Cada uma dessas etapas envolve o uso de uma ou mais máquinas que contribuem para manter e melhorar a qualidade do lote de sementes. (Conrad; Radke; Villela, 2018). No beneficiamento de sementes de trigo, os equipamentos comumente utilizados, são as máquinas de ar e peneiras (MAP), separadores cilíndricos ou alveolados, mesa de gravidade e balança automática de embalagem (Eichelberger, 2011).

Uma das finalidades do beneficiamento é classificar a semente por tamanho (França- Neto *et al.*, 2016). A etapa de classificação é crucial, pois este procedimento resulta em um insumo mais uniforme, favorecendo e aprimorando a precisão da sementeira, a uniformidade na emergência e o estabelecimento do estande, além de conferir maior atratividade comercial (Peske; Labbé, 2012).

Na cultura do trigo, não há uma padronização de sementes estabelecida para a comercialização. Dentro de um mesmo lote e entre diferentes genótipos, o comprimento, largura e espessura são variáveis (Demari *et al.*, 2019). Essa variação pode ocasionar uma competição desigual por recursos do ambiente, tais como luz, nutrientes e água. E essa variação de tamanho pode ser observada em lavouras de trigo, principalmente naquelas cultivadas com sementes altamente heterogêneas (Kashkool, 2021).

A escolha do tamanho adequado de sementes proporciona maior rendimento e qualidade (Keler; Martynova, 2021). A utilização de peneiras para padronizar sementes de trigo permite separar lotes com características específicas de desempenho no campo (Demari *et al.*, 2019). A padronização implica em uma maior eficiência de sementeira e em um

stande no campo adequado.

2.6 Testes que avaliam a qualidade de sementes de trigo

O processo de beneficiamento de sementes, assim como em outros sistemas produtivos, requer uma integração eficaz com um programa de controle de qualidade. Este programa envolve a implementação de um laboratório especializado em análise de sementes, equipado com tecnologia adequada para a condução precisa dos testes necessários, e administrado por profissionais qualificados e devidamente treinados.

A qualidade das sementes pode ser influenciada em várias fases da cadeia produtiva, desde o cultivo inicial até as etapas subsequentes de pós-colheita. Por essa razão, a avaliação do potencial fisiológico das sementes, através de métodos como testes de germinação e vigor, desempenha um papel crucial nos programas de controle de qualidade voltados à produção de sementes. (Sponchiado; Souza; Coelho, 2014). Essas análises devem ser eficientes e fornecerem resultados de forma rápida, precisa e objetiva (Fessel *et al.*, 2010; Minuzzi *et al.*, 2010).

O vigor de uma semente consiste em um conjunto de propriedades que determinam seu potencial de germinação, emergência e o desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições ambientais (Marcos Filho, 2015). O vigor de uma semente de acordo com a International Seed Testing Association (ISTA) é caracterizado como a capacidade da semente de apresentar potencial para uma emergência rápida e uniforme, e de desenvolver plântulas normais sob condições adversas do ambiente. Sementes de elevado vigor demonstram uma maior capacidade de tolerar às adversidades ambientais, promovendo assim um crescimento rápido e uniforme das plântulas (Bazzo *et al.*, 2021).

Existem diversas técnicas que avaliam o vigor das sementes, de forma direta ou indireta. Sendo que a classificação de lotes em diferentes

níveis de vigor permite o direcionamento do mesmo para regiões mais adequadas, onde podem apresentar maior desempenho de produção (Amaro *et al.*, 2015).

Dentro dos programas de controle de qualidade, os dados gerados pelos laboratórios de análise de sementes devem identificar de forma precisa as disparidades entre os diferentes lotes avaliados, utilizando testes fisiológicos apropriados. A seleção dos testes adequados depende dos objetivos específicos da análise. Para uma caracterização completa dos lotes, é essencial que as informações sobre o vigor das sementes sejam baseadas na interpretação dos resultados de um conjunto de testes cujos princípios estejam alinhados aos objetivos estabelecidos (Marcos Filho, 2015).

As condições proporcionadas nos testes que avaliam a qualidade de sementes em laboratório, como no teste de germinação padrão, são as ideais para a espécie. No entanto, ao contrário do que ocorre em laboratório, as sementes estão sujeitas a diversas condições adversas que podem limitar a emergência das plântulas (Eichelberger, 2011). Visto isso, este estudo investigou a influência do tamanho das sementes e diferentes temperaturas no vigor e na germinação de diversas cultivares de trigo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Para tal, foram utilizadas 10 cultivares de trigo, fornecidas pela empresa BIOTRIGO Genética. Para cada cultivar, foi feita a classificação com a utilização de um jogo peneiras de crivo oblongo em três tamanhos: 2.25mm (P), 2.5mm (M) e 2.75mm (G), sendo as sementes submetidas à diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C).

Inicialmente, foi realizado o teor de água para a caracterização dos materiais. Para a determinação do grau de umidade (U%), as amostras de sementes dos tratamentos, composta por duas repetições com 20 sementes,

foram dispostas em latas de alumínio esterilizadas e pesadas em balança para a determinação do seu peso úmido. Posteriormente, foram levadas em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esse período, as latas foram pesadas novamente e realizado o cálculo para a determinação de acordo com as prescrições das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

$$\% \text{ de Umidade (U)} = \frac{100 (P-p)}{P-t}$$

em que:

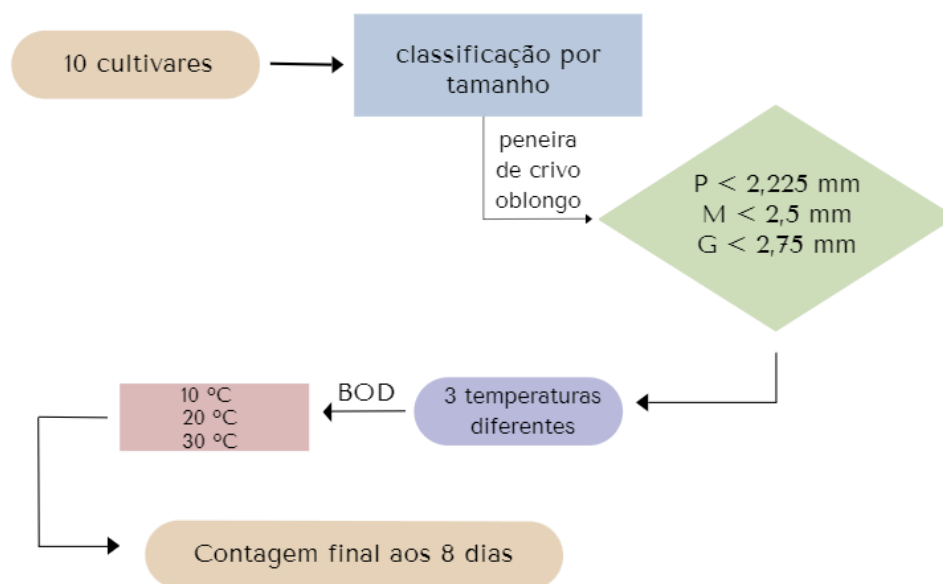
P = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida;

p = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = tara, peso do recipiente com sua tampa.

Após analisar esses parâmetros, foram executadas as análises de qualidade fisiológica descritas a seguir:

Para o teste de germinação (G%), cada tratamento teve quatro repetições com 25 sementes, montadas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada. O volume de água (mL) utilizado foi referente a 2,5 vezes o peso do papel (g) (BRASIL, 2009b). Os rolos foram mantidos em BOD (Biochemical Oxygen Demand) e configurados em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C) e fotoperíodo de 6h de luz e 18h de escuro de acordo com as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009b). A avaliação ocorreu no quarto e no oitavo dia após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas normais e anormais, sementes duras, dormentes e mortas. Após a determinação das porcentagens de germinação dos tratamentos, foi avaliado o nível de tolerância, a fim de verificar se as variações dos valores obtidos nas repetições estavam dentro do permitido (BRASIL, 2009b). Os resultados foram expressos em porcentagem.



Fluxograma 1. Esquema da metodologia do trabalho

A Primeira Contagem de Germinação (PC%) foi realizada utilizando-se a mesma metodologia descrita anteriormente para o teste de germinação, sendo, no entanto, contabilizada a porcentagem de plântulas normais aos quatro dias após a semeadura.

Para a captura das imagens foi utilizado o sistema GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Na configuração da análise para a calibração da cor de fundo foi escolhido o modelo HSV, calibração de brilho de 0 a 1,00, matiz; 95,1 a 317,2 e saturação; 0,459 a 1,00. O fundo de preenchimento não selecionado, tamanho mínimo de descarte do objeto de 0,008 cm² e dilatação - 0,006 cm. Depois da calibração da cor do fundo foi realizada a análise das imagens e foram extraídos valores médios das características das plântulas como o Comprimento da raiz (CMPR), Comprimento da parte aérea (CMPA), Comprimento total de plântula (CMT) e a relação Parte aérea/raiz (CPA/CR). Os resultados foram expressos em cm.

Para a avaliação da matéria fresca de raiz (MFPR g) e matéria fresca da parte aérea (MFPA g) foram utilizadas as plântulas normais avaliadas no teste de germinação. Com um bisturi, fez-se a separação da parte aérea das raízes e pesou-se as mesmas separadamente, armazenado em sacos de papel. Posteriormente, realizou-se a avaliação da matéria seca de raiz (MSR g) e matéria seca da parte aérea (MSPA g). As estruturas armazenadas permaneceram em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir o peso constante. Após esse período, pesou-se novamente para a determinação do peso de matéria seca das mesmas.

Os experimentos foram montados com três diferentes classes de tamanho (P, M e G), de forma independente, e os resultados obtidos em todas as avaliações foram submetidos à ANOVA, sendo os tratamentos organizados em um fatorial 3 x 10 (3 temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C) x 10 cultivares). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico R team 2022.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A germinação é o processo que começa com a embebição de água pela semente e termina com o aparecimento da radícula (Kumar *et al.*, 2021), e necessita de níveis adequados de água, luz, temperatura e oxigênio para acontecer. Para a comercialização de sementes de trigo, é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que a porcentagem mínima do lote deve ser de 80%, como estabelecido na Instrução Normativa nº 45 de 2013 (BRASIL, 2013).

Um indicador físico muito importante para a qualidade da semente, é o seu tamanho. Sementes com diferentes tamanhos possuem diferentes níveis de amido e outras reservas de energia, e isso pode interferir no processo de germinação e desenvolvimento inicial de plântulas

(SHAHI *et al.*, 2015). Assim, separamos as sementes avaliadas em três diferentes classes de tamanho para estudar o seu comportamento.

4.1 Análise fisiológicas em sementes de tamanho P (<2,25mm) submetidas a três diferentes temperaturas

Foi observada interação significativa para os fatores estudados, portanto foi realizado o desdobramento.

No teste de germinação, em relação à porcentagem (%) de plântulas normais (figura 1), foram observados entre as temperaturas de 10 °C e 30 °C. Com base nos resultados obtidos, o maior percentual de germinação foi apresentado pelas cultivares 1, 2, 6, 7 e 10 na temperatura de 10 °C (figura 1.A) e as cultivares 1, 2, 4, 5, 6 e 10 apresentaram as maiores porcentagens de germinação na temperatura de 30 °C (figura 1.B). Para essas cultivares na temperatura de 20 °C, não observaram diferenças significativas.

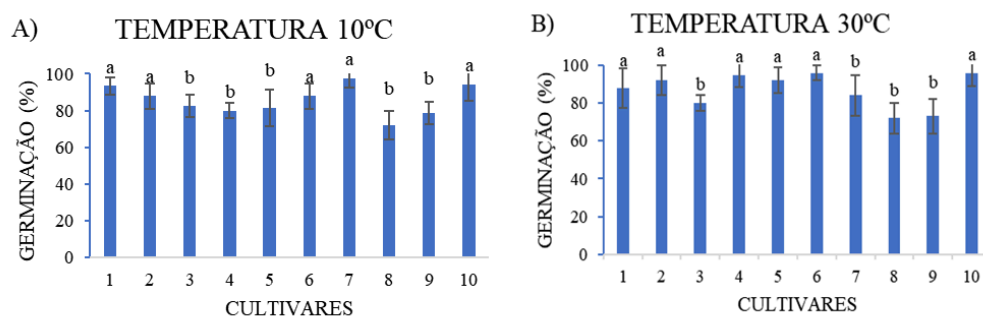


Figura 1. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas normais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento das cultivares dentro das temperaturas testadas, as cultivares 3, 4, 5, 7, 8 e 9 apresentaram diferenças significativas. Enquanto

que para demais, cultivares 1, 2 e 10, não houveram diferenças significativas. Em todas as cultivares a temperatura de 20 °C atingiu as maiores porcentagens de germinação (figura 2). Dentro das interações observadas as cultivares 3, 4, 5, 8 e 9 apresentaram maior proporção de plântulas anormais nas temperaturas de 10 °C e 30 °C, quanto na temperatura de 20 °C menor porcentagem de plântulas anormais. Fica evidente também para essas cultivares, que a temperatura de 20 °C foi a que proporcionou a menor porcentagem de sementes anormais, o que indica que essa temperatura foi relativamente eficiente para a germinação de todas as cultivares avaliadas.

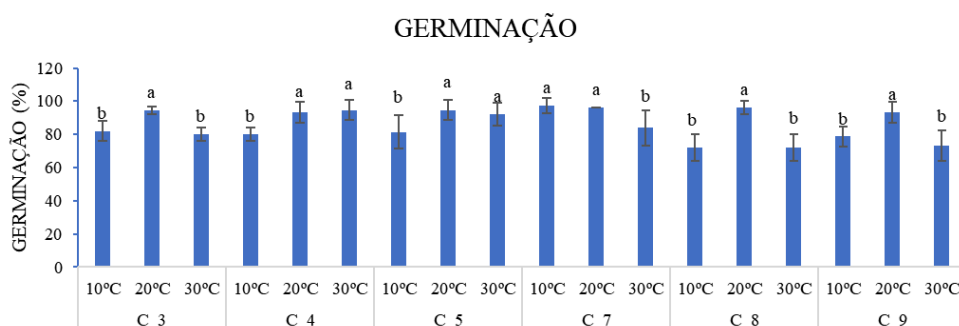


Figura 2. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas normais no teste de germinação de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Para a maioria das sementes existe uma faixa ótima de germinação. A germinação de uma semente afeta diretamente todo o ciclo de vida de uma planta (Mondal; Bose, 2018). As sementes de trigo podem manter uma porcentagem adequada de germinação e ter melhor desempenho em termos de crescimento e vigor de plântulas a 25 °C (Sharma, 2022). O maior crescimento e desenvolvimento dos brotos ocorreu a uma temperatura de 20 °C (Haj Sghaier, Asma *et al.*, 2023). Para as sementes de trigo de tamanho pequeno, a melhor temperatura encontrada para a germinação foi de 20 °C.

Ainda no teste de germinação, em relação à porcentagem (%) de plântulas anormais (figura 3), observa-se diferenças significativas entre as temperaturas de 10 °C e 30 °C. Os resultados evidenciaram que as cultivares 5, 6, 9 e 10 apresentaram maior porcentagem de plântulas anormais na temperatura de 10 °C (figura 3.A) e as cultivares 8 e 9 obtiveram as maiores porcentagens de plântulas anormais na temperatura de 30 °C (figura 3.B). Entretanto, para essas cultivares na temperatura de 20 °C, não observaram diferenças significativas.

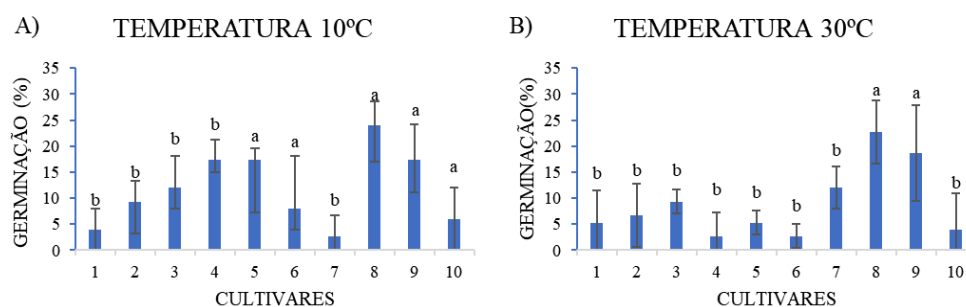


Figura 3. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas anormais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

As cultivares 3, 4, 5, 7, 8 e 9 apresentaram interação com as temperaturas testadas. Essas cultivares obtiveram menor porcentagem de plântulas anormais na temperatura de 20 °C. Para a temperatura de 10 °C, as cultivares citadas, exceto a cultivar 7, exibiram maior número de plântulas anormais. As cultivares 3, 7, 8 e 9 apresentaram valores maiores, também, para plântulas anormais na temperatura de 30 °C. As demais cultivares não apresentaram interações com as temperaturas.

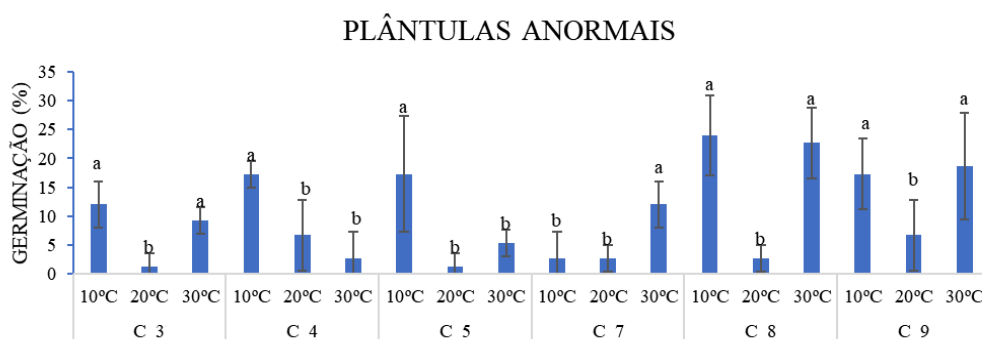


Figura 4. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas anormais no teste de germinação de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$.

De acordo com estudos do Kaheim, plântulas de trigo em temperaturas de 10 °C, apresentaram desenvolvimento lento e desenvolvimento inferior àquelas que estavam acondicionadas a 20 °C. A baixa temperatura ocasiona plântulas anormais e o declínio da fertilidade do pólen posteriormente (Gao *et al.*, 2020). Já as altas temperaturas são mais prováveis de induzir a redução na concentração dos carotenoides (Kumar *et al.*, 2023).

Para o comprimento da parte aérea, observa-se interação significativa para todas as temperaturas testadas (figura 5). De acordo com a figura abaixo, as cultivares 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram as maiores médias de comprimento na temperatura de 10 °C (figura 5.A). Já para a temperatura de 20 °C, as maiores médias foram observadas nas cultivares 1, 2, 7 e 8 (figura 5.B). Na temperatura de 30 °C, apenas as cultivares 1, 2 e 10 apresentaram o maior desenvolvimento da parte aérea (figura 5.C).

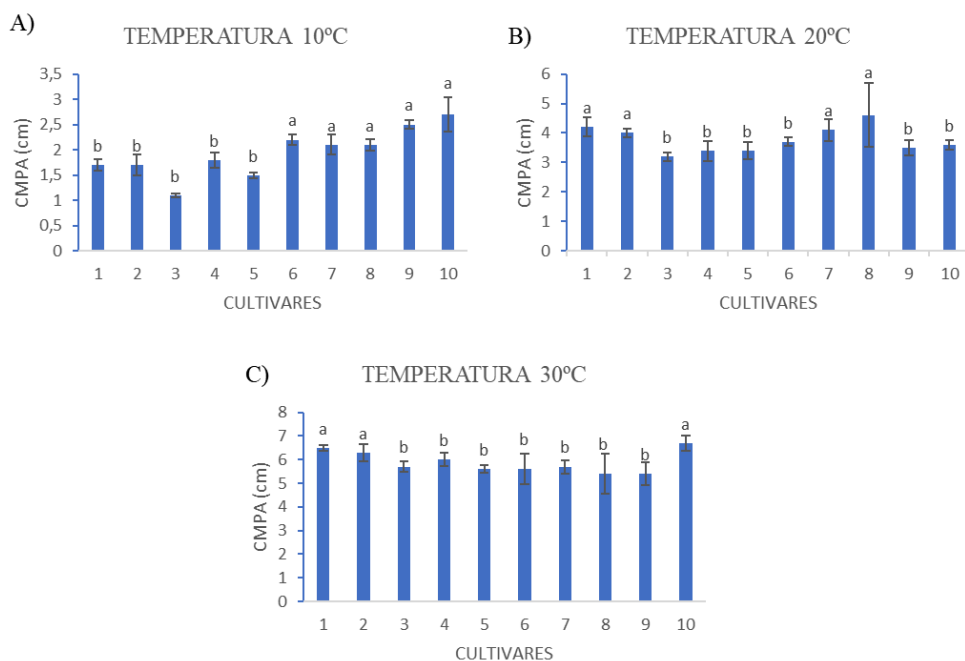


Figura 5. Desdobramento da variável comprimento da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) o desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Já no desdobramento de comprimento da parte aérea com as temperaturas, todas as cultivares apresentaram diferenças significativas. Todas as cultivares apresentaram o maior comprimento de parte aérea na temperatura de 30 °C. Na temperatura de 10 °C foi observado a menor média de comprimento em todas as cultivares testadas.

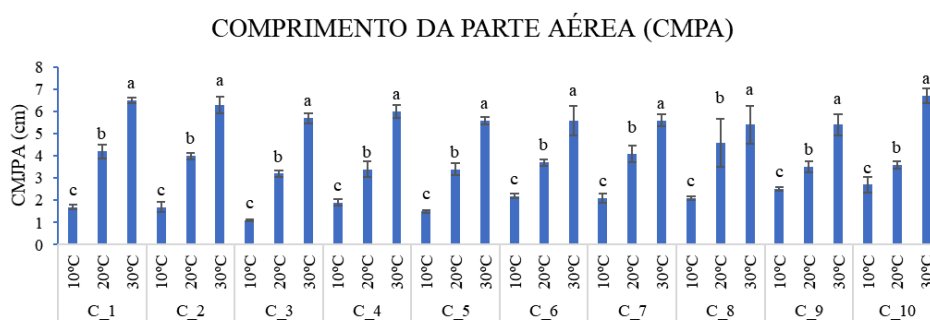


Figura 6. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento de parte aérea de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$.

A parte aérea é responsável por realizar fotossíntese em plantas no campo. Foi observado que as plântulas de trigo testadas desenvolvem melhor em temperaturas elevadas. As altas temperaturas favorecem a produção de proteínas no trigo (Marcos-Filho, 2016).

No comprimento da parte radicular, houve interação significativa para as temperaturas testadas (figura 7). Para a temperatura de 10 °C apenas a cultivar 10 apresentou o maior comprimento radicular (figura 7.A). Já na temperatura de 20 °C as cultivares 2 e 8 atingiram as maiores médias de comprimento (figura 7.B). Por fim, na temperatura de 30 °C as cultivares 2 e 10 alcançaram as médias superiores (figura 7.C). Em todas as temperaturas, as cultivares 5 e 7 concluíram-se nas menores médias de comprimento radicular.

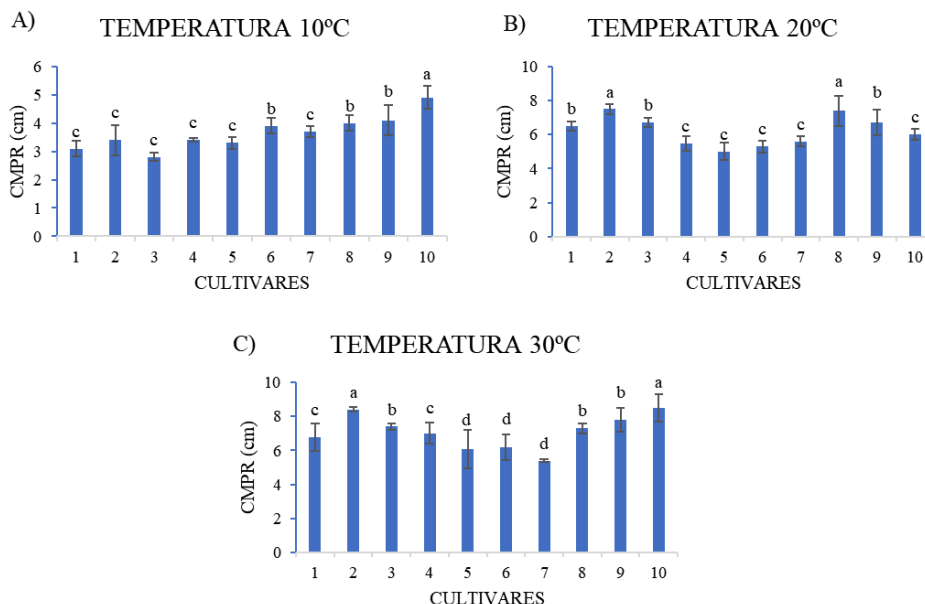


Figura 7. Desdobramento da variável comprimento da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento do comprimento da parte radicular com as temperaturas todas as cultivares apresentaram interação significativa (figura 8). Todas as cultivares alcançaram as maiores médias na temperatura de 30 °C e, seguindo ainda um padrão, todas na temperatura de 10 °C indicaram plântulas com menor comprimento da raiz.

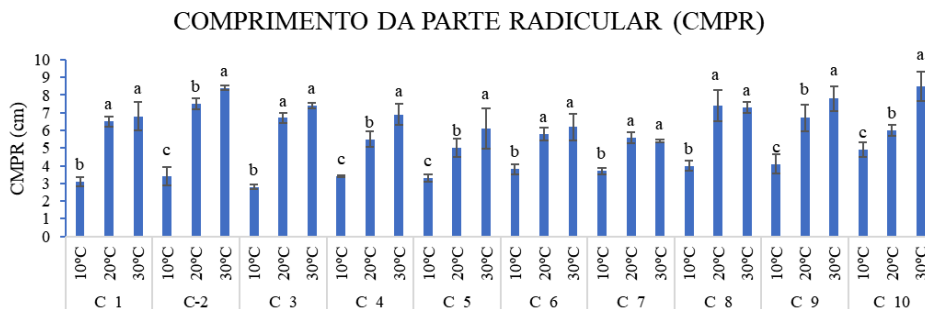


Figura 8. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento de parte radicular de plântulas de trigo

(tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Também para o comprimento total, todas as temperaturas apresentam interação significativa com as cultivares. Na temperatura de 10 °C a cultivar 10 alcançou o maior resultado (figura 9.A). Para a temperatura de 20 °C as cultivares 1, 2 e 8 obtiveram o maior comprimento de plântula (figura 9.B). E na temperatura de 30 °C observou-se os maiores comprimentos nas cultivares 2 e 10 (figura 9.C).

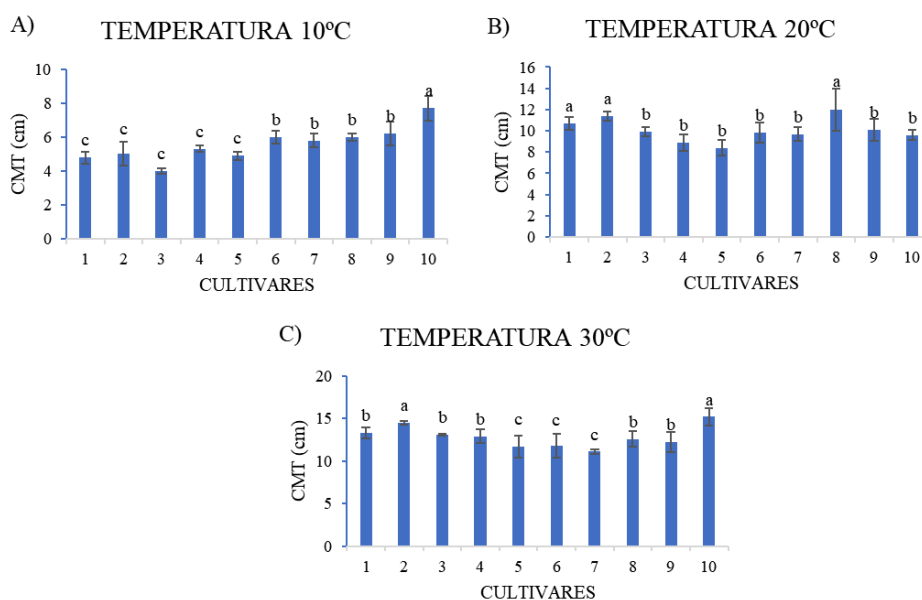


Figura 9. Desdobramento da variável comprimento total de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Todas as cultivares apresentaram interação significativa com as temperaturas para o comprimento total das plântulas. Acompanhando um

padrão, as cultivares indicaram os maiores valores para o comprimento total na temperatura de 30 °C e os menores valores na temperatura de 10 °C.

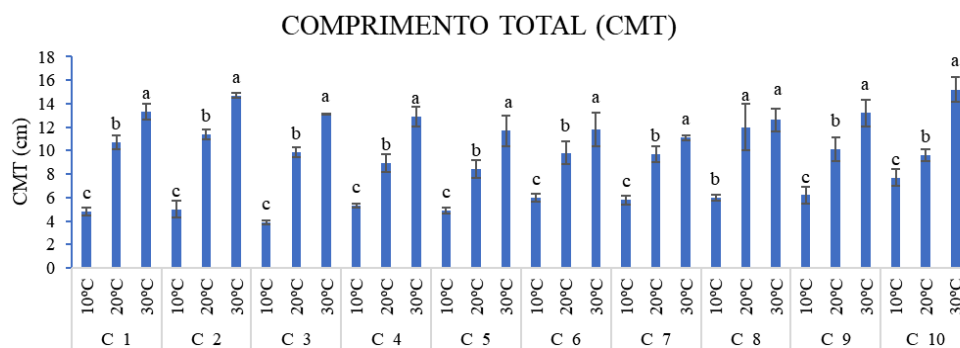


Figura 10. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento total de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, $n=3$.

As altas temperaturas, acima de 40°C, afetam de maneira negativa o crescimento e a sobrevivência das plantas (TAIZ, 2017; MATHUR, 2011). No presente estudo, a temperatura de 30 °C favoreceram o crescimento, tanto da parte aérea, quanto da parte radicular na fase inicial da planta de trigo. Por mais que esteja acima da temperatura ideal do trigo, a temperatura de 30 °C propiciou o maior desenvolvimento do comprimento das plântulas, sem danificar o metabolismo.

Para a quantificação da matéria fresca da parte aérea, todas as cultivares apresentaram interação significativa. A cultivar 10 apresentou o maior peso da matéria fresca da parte aérea na temperatura de 10 °C (figura 11.A). Na temperatura de 20 °C, os maiores valores foram obtidos mostrados para as cultivares 2, 7 e 8 (figura 11.B). Já na temperatura de 30 °C, as maiores médias foram encontradas nas cultivares 2, 4 e 6.

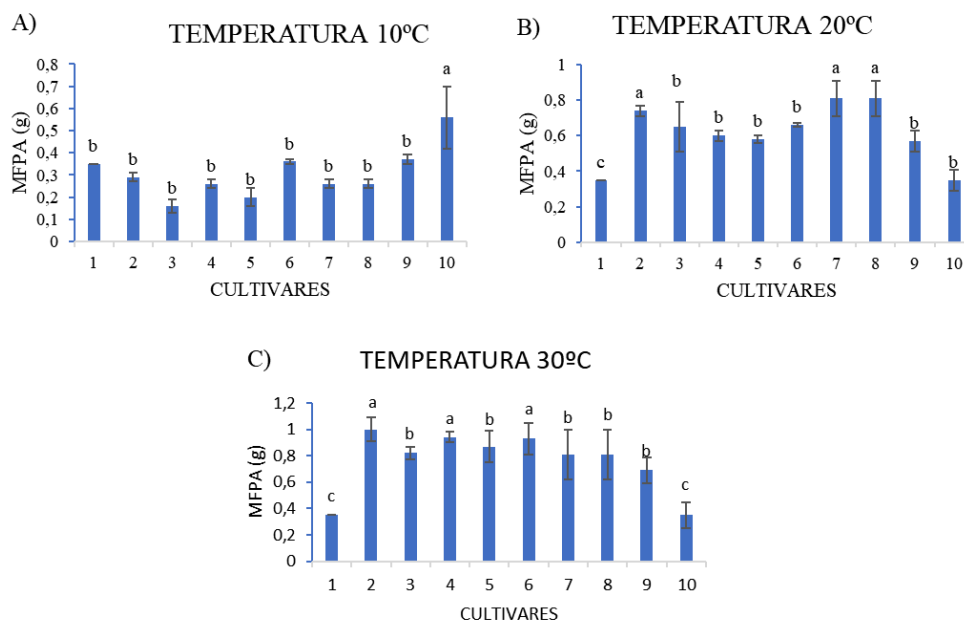


Figura 11. Desdobramento da variável matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento para a matéria fresca da parte aérea, as cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram interação significativa (figura 12). A cultivar 1 não apresentou interação significativa para essa variável. Todas as cultivares apresentadas demonstraram as maiores médias de matéria fresca da parte aérea na temperatura de 30 °C. As cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 obtiveram os menores pesos na temperatura de 10 °C exclusivamente. Os impactos mais graves para a parte aérea é observada em temperaturas acima de 34°C (PORTER E GRAWITH, 1999). O maior desenvolvimento foi observado na temperatura de 30 °C.

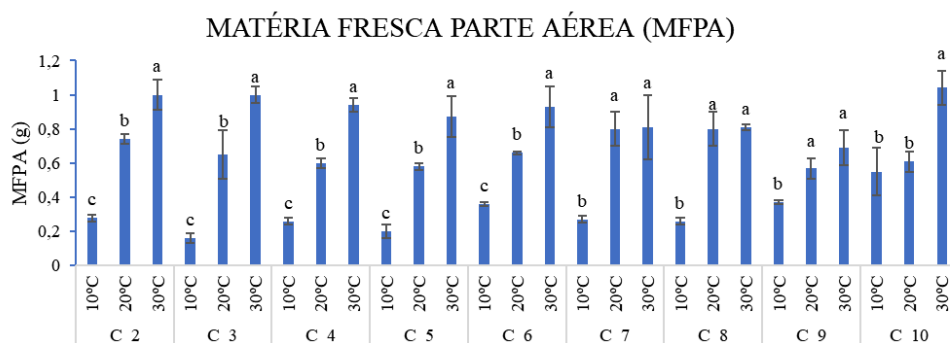


Figura 12. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Para valores de matéria fresca da parte radicular todas as temperaturas tiveram diferenças significativas. Na temperatura de 10 °C apenas a cultivar 10 adquiriu o maior peso (figura 13.A). Na temperatura de 20 °C as cultivares 7 e 8 apresentaram os maiores valores (figura 13.B). Já na temperatura de 30 °C as cultivares 2, 4 e 10 apresentaram as maiores médias (figura 13.C). A cultivar 1, em todas as temperaturas, demonstrou o menor valor de matéria fresca radicular.

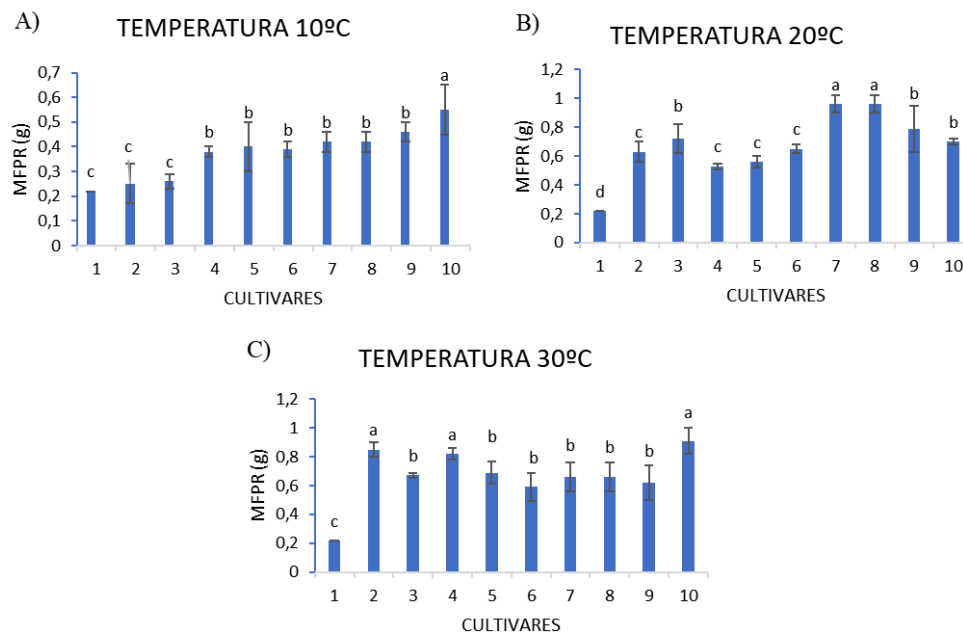


Figura 13. Desdobramento da variável matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

As cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram diferenças significativas no desdobramento entre os fatores (temperatura e cultivar), para matéria fresca da parte radicular com as temperaturas (figura 14). A cultivar 1 não apresentou diferença significativa para esse desdobramento. Para as cultivares 2, 3, 4, 5, 8 e 10 a temperatura de 30 °C foi mais favorável. Enquanto que as cultivares 6, 7 e 9, as maiores médias foram obtidas na temperatura de 20 °C.

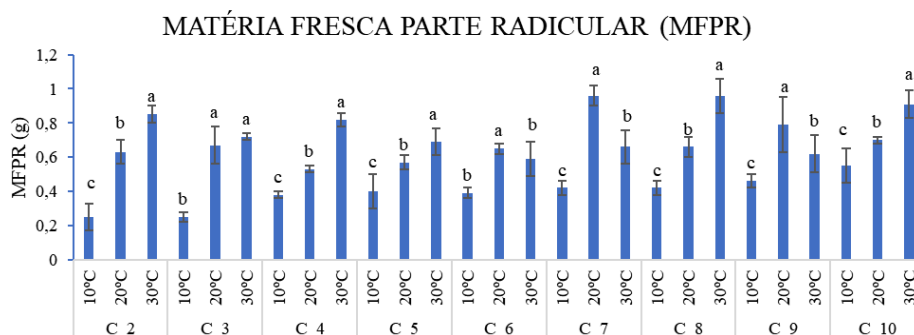


Figura 14. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Já para valores de matéria seca da parte aérea apenas as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa (figura 15). A temperatura de 10 °C não apresentou diferença significativa para esse fator. A matéria seca da parte aérea das cultivares 8 e 9 apresentaram destaque na temperatura de 20 °C (figura 15.A). Na temperatura de 30 °C todas, exceto as cultivares 1 e 9, apresentaram as maiores médias. A matéria seca do sistema radicular é um dos fatores que mais se associam ao vigor e principalmente a capacidade da planta em sobreviver em condições de estresse por restrição hídrica no solo (Chandrasekaran, *et al.*, 2022). Um maior sistema radicular permite a exploração de maior área de solo em busca de água ou seja, esta variável é muito representativa na escolha de cultivares mais aptas para locais com zoneamento climático com indicação de pouca chuva.

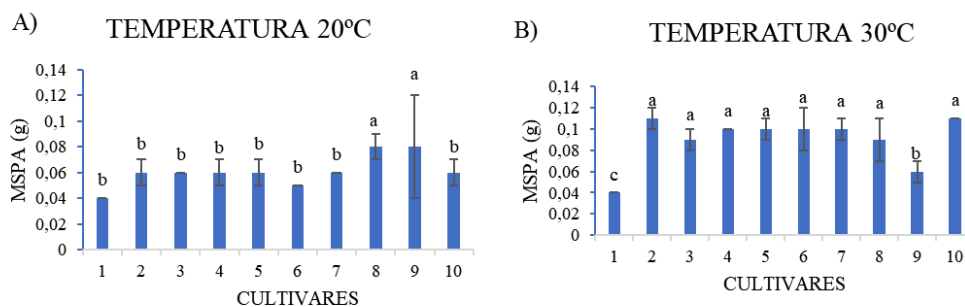


Figura 15. Desdobramento da variável matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Na avaliação da matéria seca da parte aérea, as cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 exibiram diferenças significativas para o desdobramento com as temperaturas testadas (figura 16). A cultivar 1 não apresentou diferença significativa para o desdobramento. Todas as cultivares apresentaram maiores valores de matéria seca da parte aérea temperatura de 30 °C (figura 16). Os menores valores foram observados na temperatura de 10 °C.

A maior matéria seca representa maior capacidade da cultivar em germinar e originar uma plântula mais vigorosa, representado pelo maior acúmulo de matéria seca. Em condições de campo, onde há diferentes estresses bióticos e abióticos, plantas tolerantes e vigorosas se desenvolvem mais, havendo uma diferença na partição de carbono entre parte aérea e raiz (Cai, *et al.*, 2022).

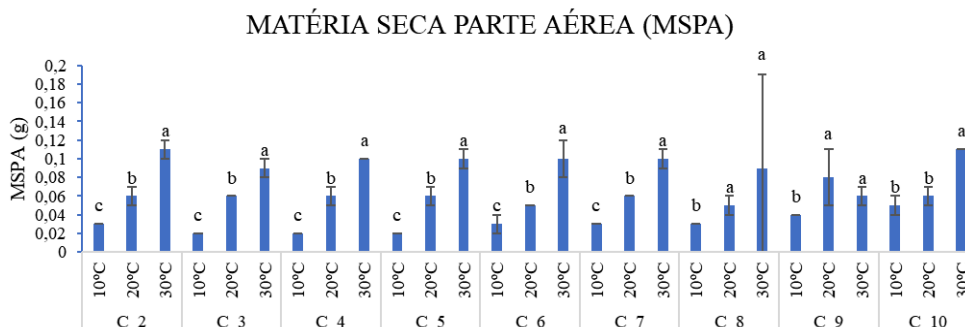


Figura 16. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$.

Para a matéria seca da parte radicular apenas as temperaturas de 20 °C e 30 °C obtiveram diferença significativa (figura 17). A temperatura de 10 °C não demonstrou diferença significativa para essa característica. As cultivares 2, 5 e 10 apresentaram as maiores médias para as duas temperaturas. Para a temperatura de 20 °C, as cultivares 3, 6 e 8 também atingiram valores altos também (figura 17.A). E na temperatura de 30 °C, a cultivar também atingiu o valor de matéria seca da parte radicular alta (figura 17.B). Para a maioria das plantas quando há a necessidade de partição e direcionamento de energia de um ógão ou parte da planta, sob condições ótimas as plantas privilegiam a parte aérea (Cai, *et al.*, 2022).

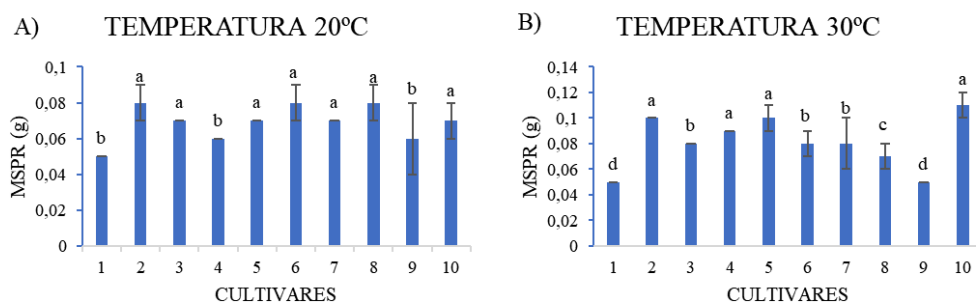


Figura 17. Desdobramento da variável matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho pequeno (<2,25mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$

Para o desdobramento da matéria seca da parte radicular com as temperaturas testadas, as cultivares 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10 apresentaram diferença significativa (figura 18) . As cultivares 1, 2 e 9 não apresentaram

diferença significativa para esse desdobramento. Essas cultivares apresentaram a maior média na temperatura de 30 °C e a menor média na temperatura de 10 °C, exceto a cultivar 3 que apresentou a maior média na temperatura de 20 °C.

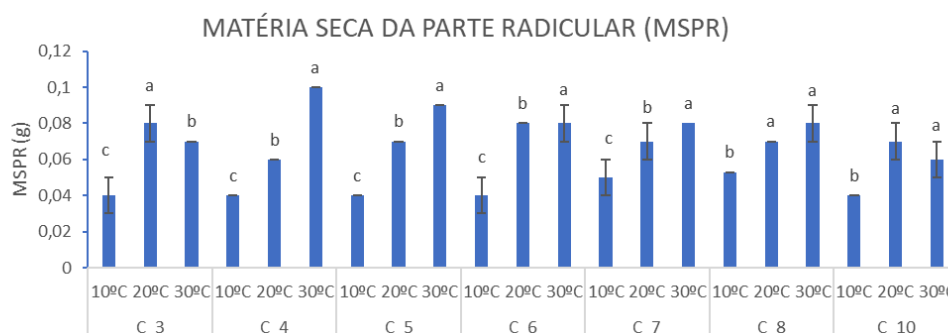


Figura 18. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho P) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

De acordo com os autores POSCH, Bradley C. *et al.*, (2019) a fotossíntese e a respiração de plantas são sensíveis à temperatura. Em maiores temperaturas maior será a respiração, ocasionando aceleração do metabolismo da planta. Muitas plantas conseguem se adaptar sob esse estresse, principalmente se o fornecimento de água for adequado. As altas temperaturas pode afetar as relações hídricas quando a água é limitante, caso contrário, as relações hídricas matêm estáveis independente da temperatura (Machado E Paulsen, 2001).

4.2 Análise fisiológicas em sementes de tamanho M (< 2,5mm) submetidas a três diferentes temperaturas

Em relação à porcentagem de germinação (figura 19), apenas as temperaturas de 10 °C e 30 °C apresentaram diferenças significativas. A

temperatura de 20 °C não apresentou diferença significativa. Para a temperatura de 10 °C, as cultivares 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 e 10 apresentaram maiores porcentagens de germinação (figura 19.A). Já na temperatura de 30 °C, as cultivares 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 10 atingiram a maior média de germinação (figura 19.B).

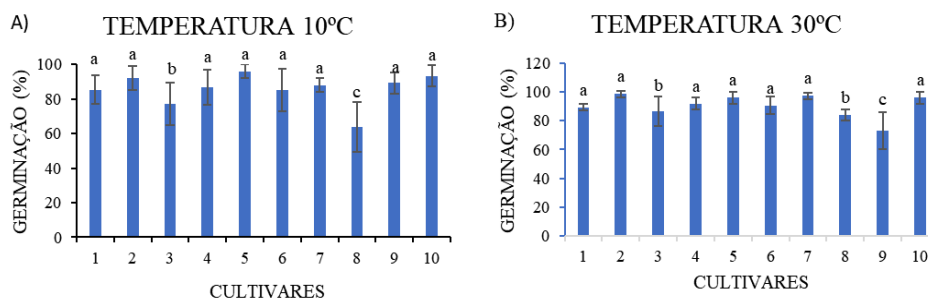


Figura 19. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas normais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

A temperatura é um fator abiótico crítico para a germinação de sementes, esse fator controla a velocidade de absorção de água. Em condições de temperaturas ideais, esse processo de absorção é rápido (Haj Sghaier, *et al.*, 2022), e quanto maior a velocidade da semente ao embeber água, maior será a velocidade de germinação e o desenvolvimento em condições ideais.

No desdobramento da germinação com as temperaturas testadas, apenas as cultivares 3, 8 e 9 apresentaram diferenças significativas (figura 20). Essas atingiram as maiores médias aos 20 °C. O restante, cultivares 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 10 não apresentaram diferença significativa. Nas cultivares 3 e 8, observa-se um padrão, na temperatura de 10 °C, menor médias de

germinação. Já na cultivar 9 a menor média observada foi na temperatura de 30 °C.

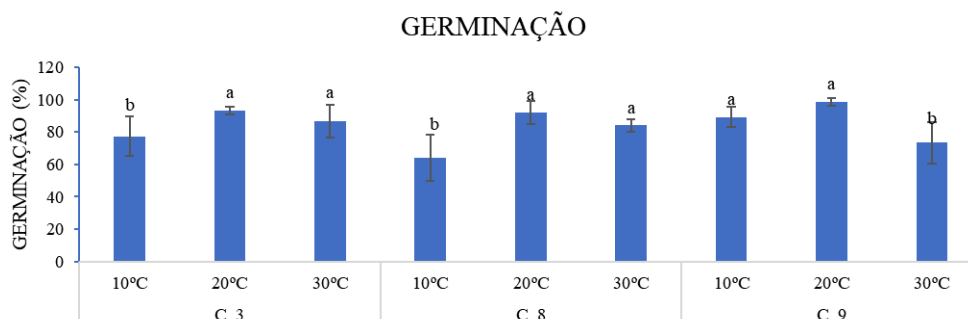


Figura 20. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas normais no teste de germinação de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Para a germinação de plântulas anormais (figura 21), apenas as temperaturas de 10 °C e 30 °C apresentaram diferenças significativas. A temperatura de 20 °C não mostrou diferença significativa. Na temperatura de 10 °C apenas a cultivar 8 apresentou alto valor de germinação de plântulas anormais (figura 21.A). Já para a temperatura de 30 °C, as cultivares 1, 3, 4, 6, 8 e 9 obtiveram médias superiores (figura 21.B).

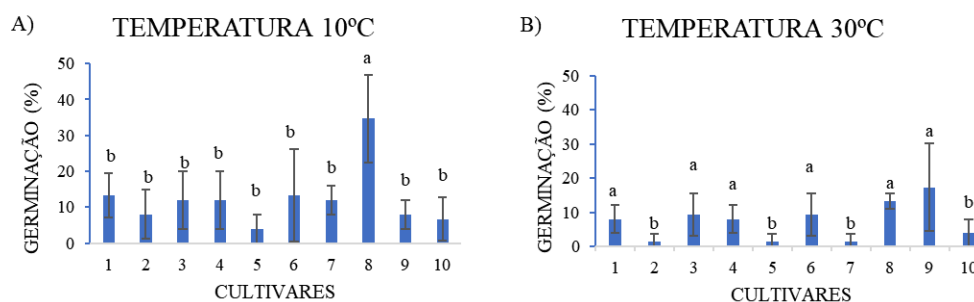


Figura 21. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas anormais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30

°C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Após o desdobramento de plântulas anormais com as temperaturas (figura 22), apenas as cultivares 7, 8 e 9 apresentaram diferenças significativas. O restante das cultivares não obtiveram diferenças significativas. Para as cultivares 7 e 8, o aparecimento de plântulas anormais deu-se mais na temperatura de 10 °C. Já para cultivar 9, o número de plântulas anormais foi visto em maior parte na temperatura de 30 °C. A temperatura apresenta um impacto direto nos processos fisiológicos, processos esses que podem regular a atividade enzimática e as reações bioquímicas durante o processo de germinação (Haj Sghaier, et al., 2022). Em temperaturas baixas as atividades das enzimas reduzem e retardam a mobilização de alimentos, limitando os processos metabólicos necessários para a germinação e desenvolvimento (Haj Sghaier, et al., 2022).

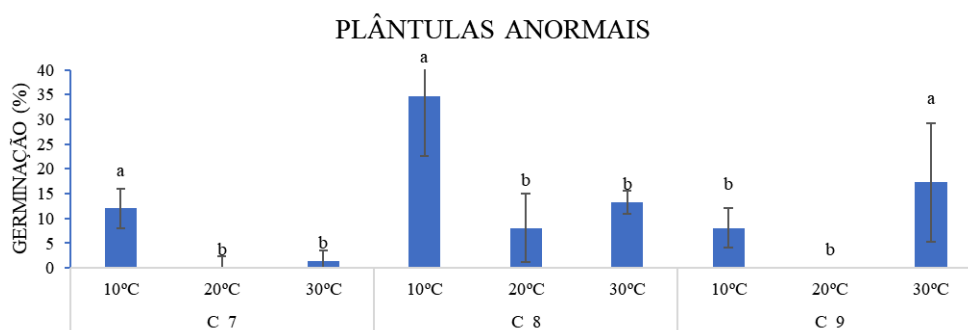


Figura 22. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas anormais no teste de germinação de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Temperaturas fora da faixa ótima da espécie podem ocasionar anomalias, podem afetar a germinação e a reestruturação das membranas

celulares, gerando plântulas anormais. A faixa de temperatura ótima para o trigo está entre 19°C-23°C (Marcos-Filho, 2016). O estresse térmico promove o envelhecimento e a abscisão das folhas, levando a uma diminuição na fotossíntese e resultando na redução do crescimento da planta (Kosová *et al.*, 2011). Na temperatura de 20 °C, o menor aparecimento de plântulas anormais foi observado.

Para o comprimento de parte aérea (figura 23), todas as temperaturas obtiveram diferenças significativas. Na temperatura de 10 °C, as cultivares 4, 6, 9 e 10 apresentaram maiores comprimentos de parte aérea (figura 23.A). Para a temperatura de 20 °C, as cultivares 3, 7 e 8 alcançaram as maiores médias (figura 23.B). E na temperatura de 30 °C apenas as cultivares 1, 6, 7 e 10 atingiram o maior comprimento (figura 23.C). A cultivar 10 atingiu valores altos na temperatura de 10 °C e 30 °C e a cultivar 7 nas temperaturas de 20 °C e 30 °C.

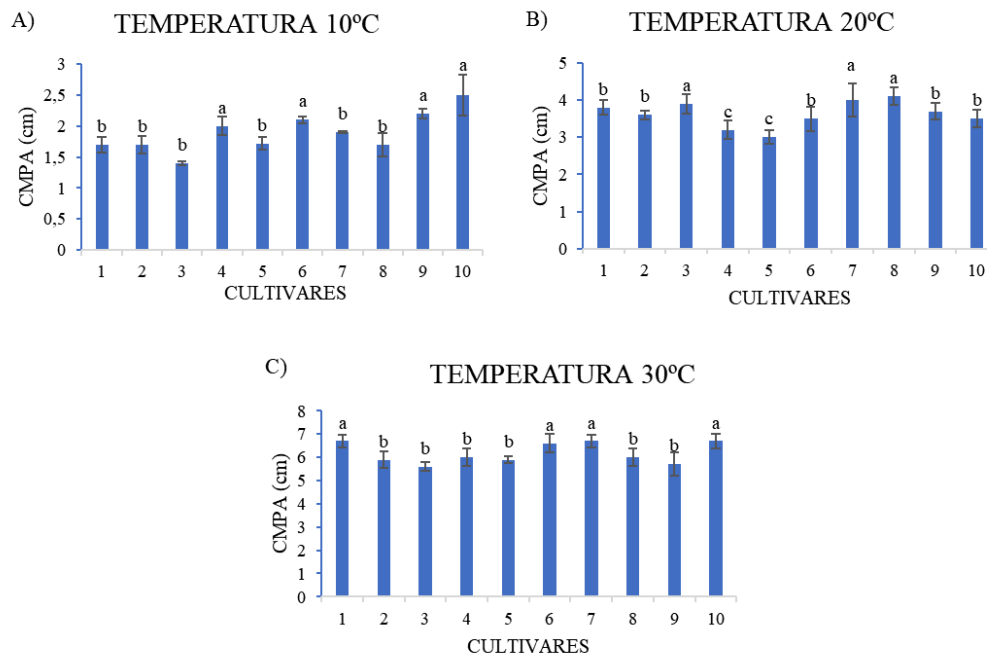


Figura 23. Desdobramento da variável comprimento da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da

temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento do comprimento da parte aérea e temperaturas testadas, todas as cultivares apresentaram diferenças significativas (figura 24). Todas as cultivares alcançaram o maior comprimento na temperatura de 30 °C e o menor comprimento de parte aérea na temperatura de 10 °C.

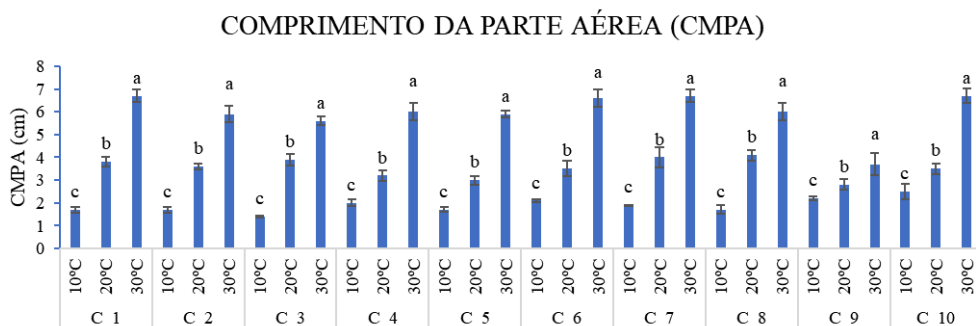


Figura 24. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

No comprimento da parte radicular (figura 25), todas as temperaturas apresentaram diferença significativa. Na temperatura de 10 °C, as cultivares 9 e 10 alcançaram o maior comprimento radicular (figura 25.A). Para a temperatura de 20 °C, as cultivares 3, 8 e 9 obtiveram as maiores médias. Já para a temperatura de 30 °C, apenas as cultivares 2 e 10 apresentaram maior comprimento radicular.

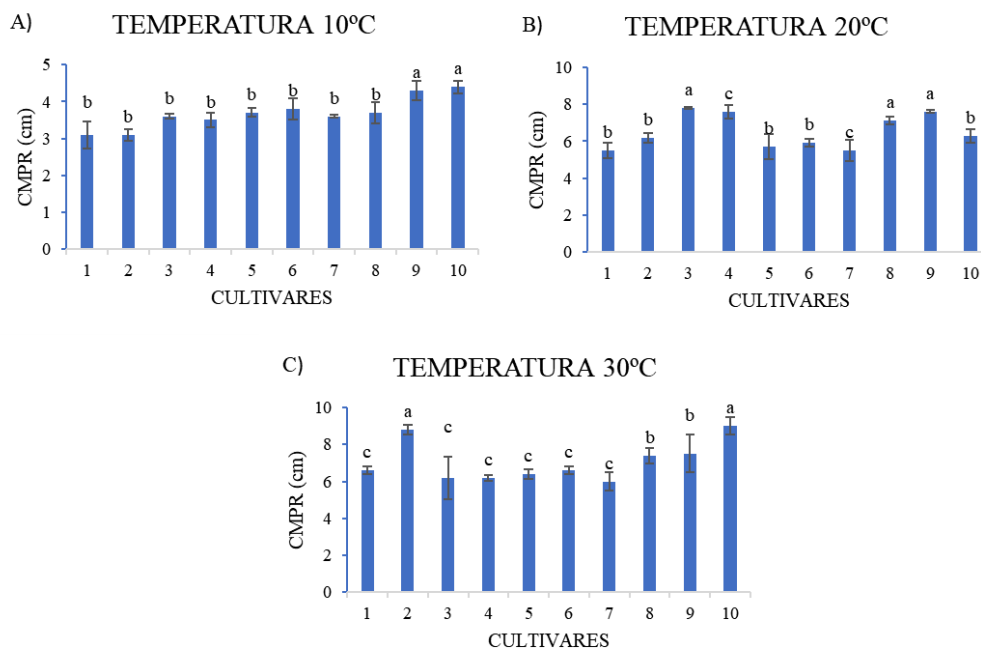


Figura 25. Desdobramento da variável comprimento da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento de comprimento da parte radicular com as temperaturas testadas, todas as cultivares apresentaram diferenças significativas (figura 26). todas as cultivares, exceto a 3 e a 10, demonstraram a maior média na temperatura de 30 °C. O restante obteve as maiores médias na temperatura de 20 °C.

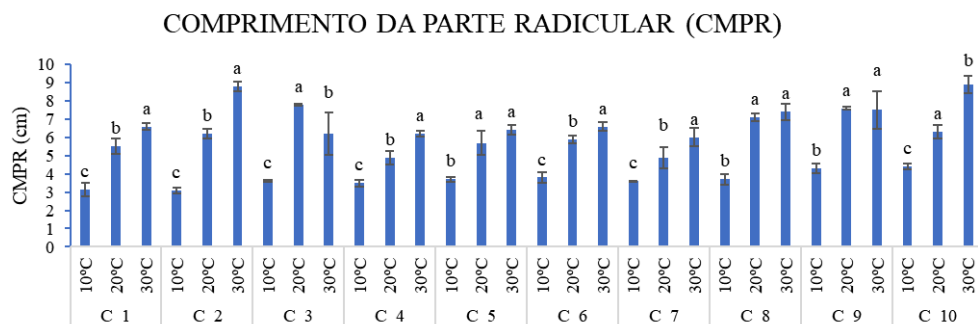


Figura 26. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

No comprimento total de plântulas (figura 27), todas as temperaturas apresentaram diferenças significativas. Na temperatura de 10 °C, as cultivares 9 e 10 alcançaram as maiores médias (figura 27.A). As cultivares 3, 8 e 9 obtiveram o maior comprimento na temperatura de 20 °C (figura 27.B). Na temperatura de 30 °C, as cultivares 2 e 10 apresentaram a maior média (Figura 27.C).

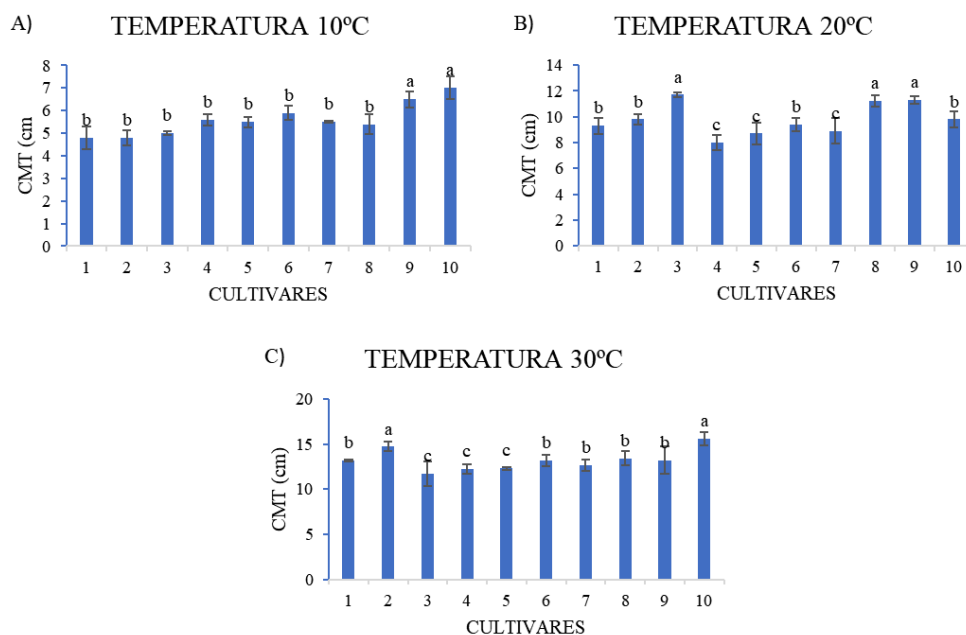


Figura 27. Desdobramento da variável comprimento total de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Já para o desdobramento do comprimento total de plântulas de trigo com as temperaturas (figura 28), todas as cultivares obtiveram diferenças significativas. Todas as cultivares apresentaram o maior comprimento total na temperatura de 30 °C e o menor na temperatura de 10 °C.

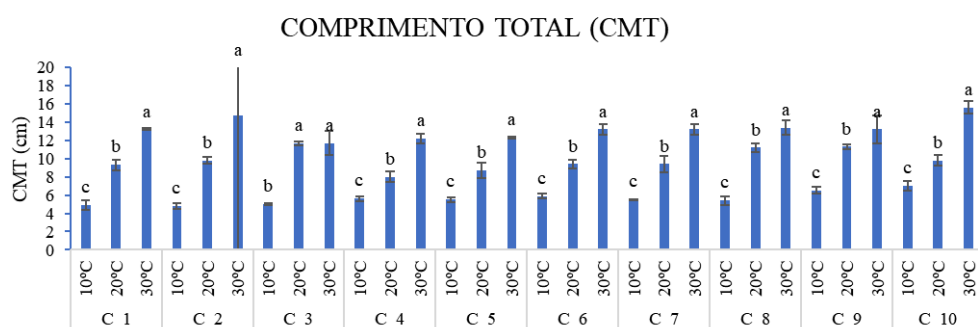


Figura 28. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento total de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

O crescimento de partes da planta que se encontram acima do solo são mais sensíveis à temperatura do que quando comparada à parte radicular (Nielsen E Humphries, 1966). Apresentando as mesmas temperaturas, o comprimento radicular foi superior ao comprimento aérea da planta, o qual apresentou um padrão nas cultivares testadas.

Para a determinação da matéria fresca da parte aérea de plântulas (figura 29), todas as temperaturas apresentaram diferenças significativas. A cultivar 10 apresentou o maior peso na temperatura de 10 °C (figura 29.A). Já na temperatura de 20 °C, as cultivares 2, 7,8 e 10 alcançaram as maiores médias (figura 29,B). E na temperatura de 30 °C, apenas as cultivares 2, 6 e

10 obtiveram as maiores médias (figura 29.C). Em todas as temperaturas a cultivar 10 alcançou o maior peso da matéria fresca da parte aérea.

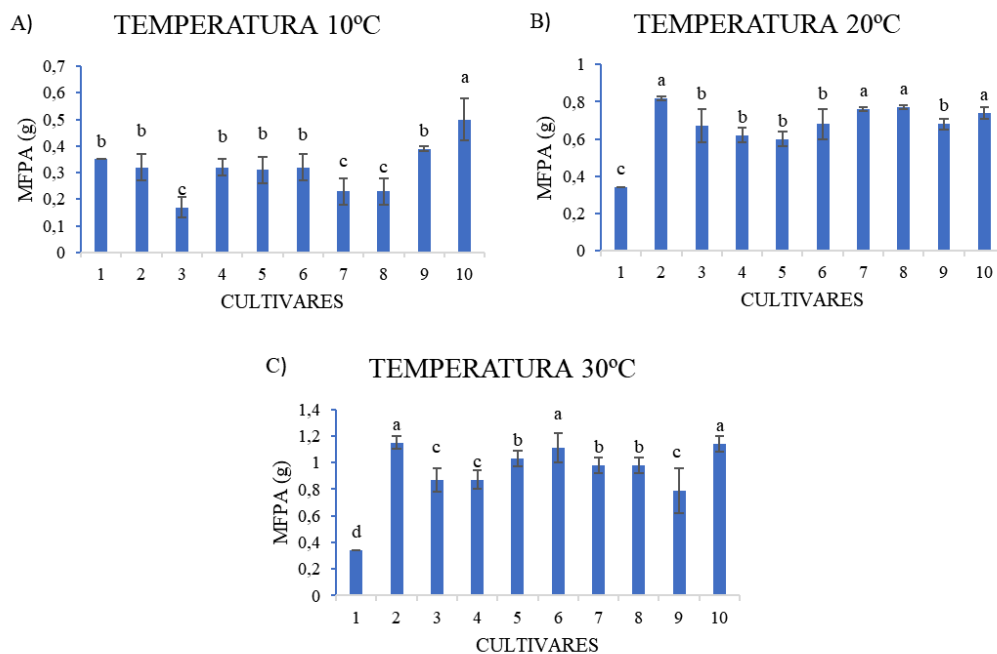


Figura 29. Desdobramento da variável matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Já no desdobramento da matéria fresca da parte aérea com as temperaturas (figura 30), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferenças significativas. Para essas cultivares, o maior valor da matéria fresca da parte aérea foi na temperatura de 30 °C e o menor na temperatura de 10 °C.

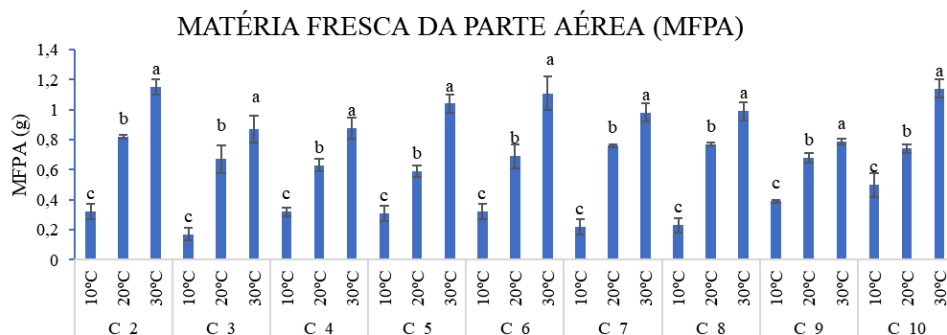


Figura 30. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Na matéria fresca da parte radicular todas as temperaturas obtiveram diferenças significativas (figura 31). Na temperatura de 10 °C, as cultivares 5 e 6 alcançaram as maiores médias (figura 31.A). Para a temperatura de 20 °C, as cultivares 2, 7, 8 e 9 chegaram no maior peso de matéria fresca radicular (figura 31.B). Já para a temperatura de 30 °C, as cultivares 2 e 10 chegaram nas maiores médias (figura 31.A). Em todas as temperaturas testadas, a cultivar 1 apresentou o menor valor.

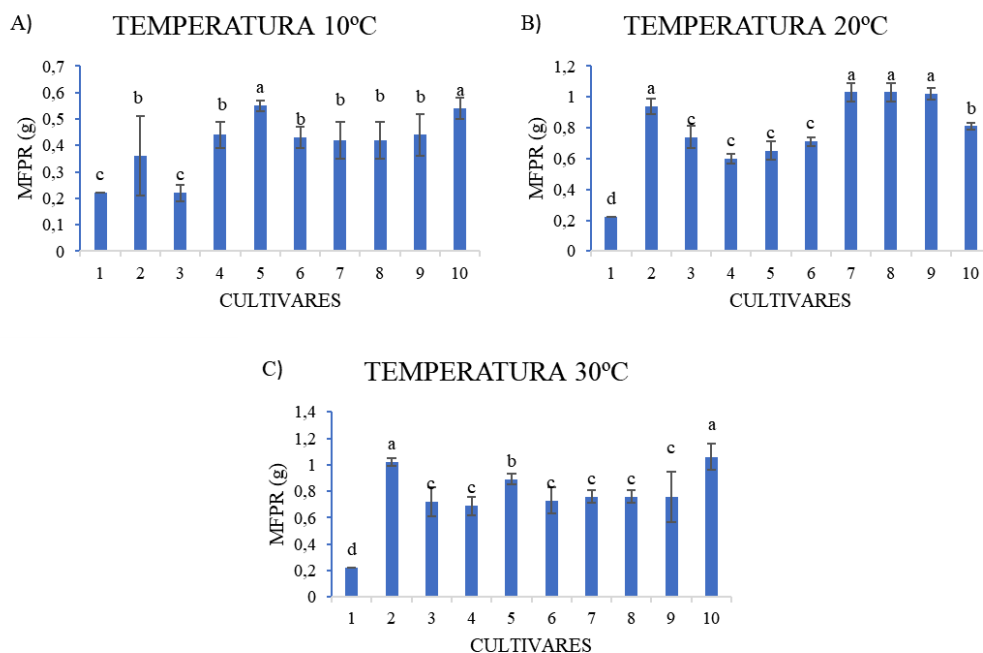


Figura 31. Desdobramento da variável matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$

Já para o desdobramento da matéria fresca da parte radicular com as temperaturas testadas, apenas a cultivar 1 não apresentou diferença significativa (figura 32). As cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 10 alcançaram o maior valor na temperatura de 30 °C. Já nas cultivares 8 e 9, o maior valor foi observado na temperatura de 20 °C. Em todas essas cultivares o menor valor de matéria fresca radicular foi encontrado na temperatura de 10 °C.

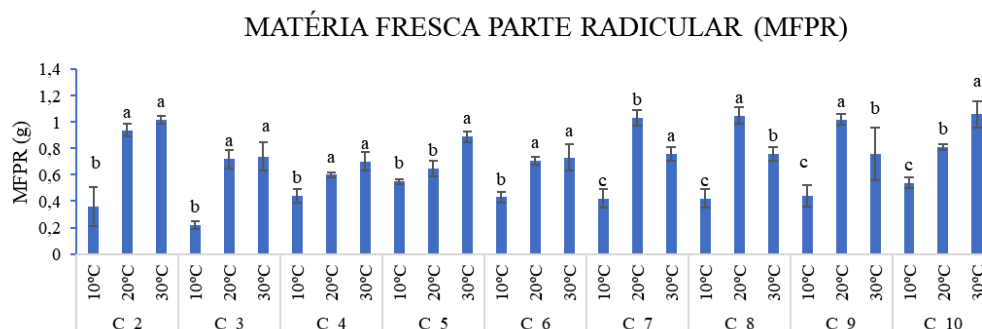


Figura 32. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$.

Para a avaliação de matéria seca da parte aérea (figura 33), apenas as temperaturas 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa. A temperatura de 10 °C não obteve diferença significativa. As cultivares 2, 3, 7, 8 e 10 apresentaram as maiores médias em ambas temperaturas. Para a temperatura de 20 °C, teve também a cultivar 9 que apresentou alto valor (figura 33.A). E a temperatura de 30 °C, as cultivares 5 e 6 chegaram em uma média alta (figura 33.B)

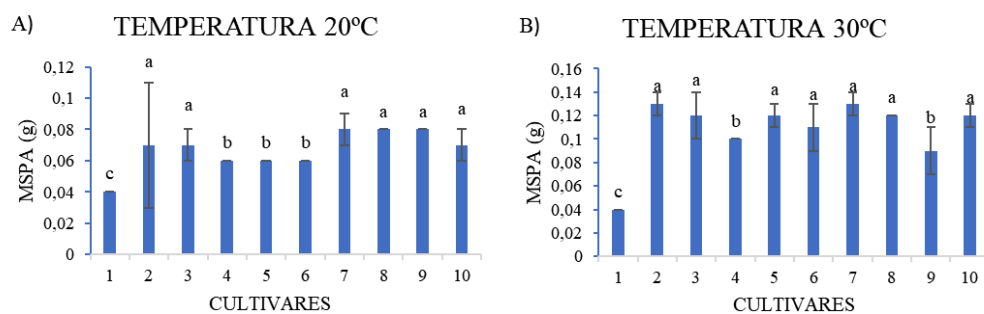


Figura 33. Desdobramento da variável matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Para o desdobramento da matéria seca da parte aérea com as temperaturas testadas (figura 34), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferenças significativas. Em todas as cultivares apresentadas, o maior peso de matéria seca foi na temperatura de 30 °C e o menor foi na temperatura de 10 °C. O acúmulo de matéria seca torna a planta mais resistente aos estresses bióticos e abióticos, pois o acúmulo de matéria seca está relacionado ao vigor da plântulas (Cai, *et al.*, 2022). Na temperatura de 30 °C, as plântulas apresentaram maior vigor, quando comparadas as plântulas dentro do tratamento de 20 °C.

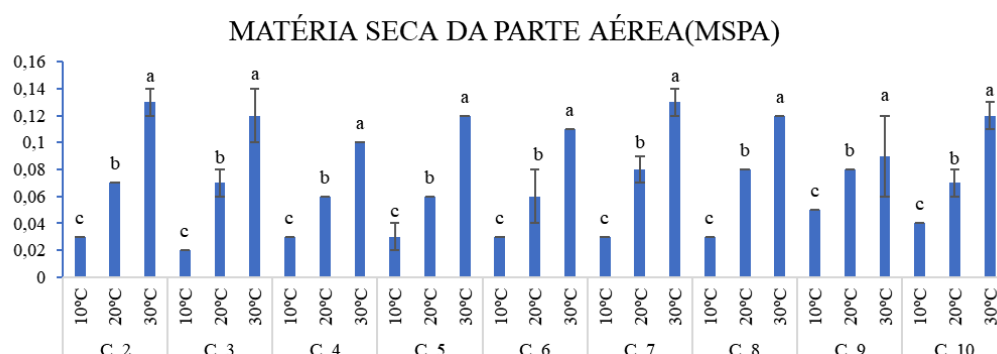


Figura 34. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte aérea de plântulas de

trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

Média \pm dp, n=3.

Na avaliação de matéria seca da parte radicular (figura 35), as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa. A temperatura de 10 °C não apresentou diferença significativa (figura 35.A). Na temperatura 20 °C, as cultivares 3, 8 e 9 apresentaram as maiores médias. Para a temperatura de 30 °C, as cultivares 2, 5, 7 e 10 alcançaram as maiores médias (figura 35.B).

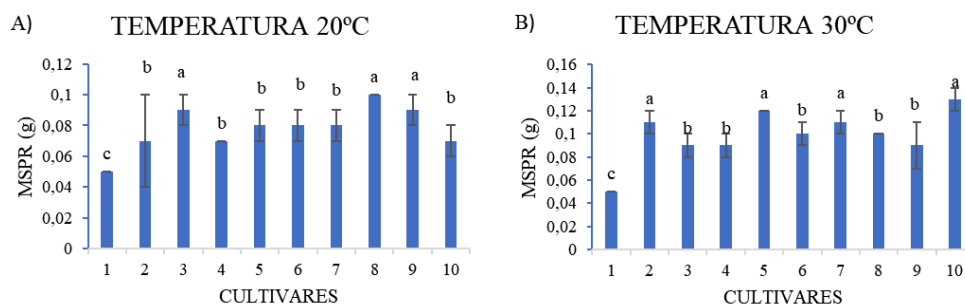


Figura 35. Desdobramento da variável matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho médio (<2,5mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Já para o desdobramento da matéria seca da parte radicular (figura 36), todas as cultivares apresentaram diferença significativa, exceto a cultivar 1. Em todas essas cultivares a maior média encontrada foi na temperatura de 30 °C e a menor na temperatura de 10 °C.

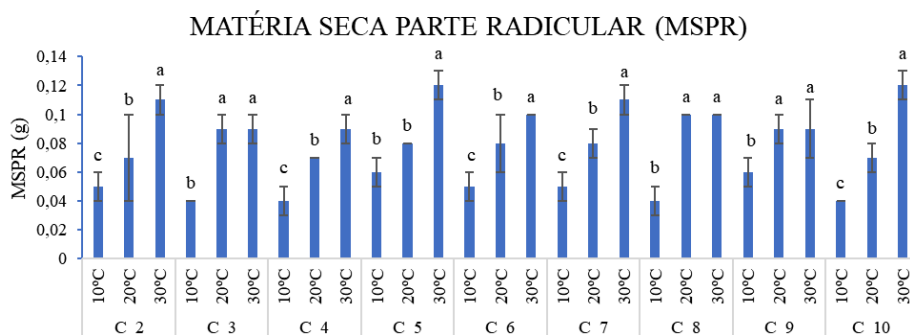


Figura 36. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho M) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

4.3 Análise fisiológicas em sementes de tamanho G (< 2,75mm) submetidas a três diferentes temperaturas

Na porcentagem de germinação de sementes normais (figura 37), apenas as temperaturas 10 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa. A temperatura de 20 °C não demonstrou diferença significativa. As cultivares 2, 4, 7 e 10 alcançaram as maiores médias nas duas temperaturas. Já na temperatura de 10 °C teve também, a cultivar 1 na média alta de porcentagem de germinação (figura 37.A). Para a temperatura de 30 °C, as cultivares 3, 4, 5 6 também apresentaram uma porcentagem alta de germinação (figura 37.B).

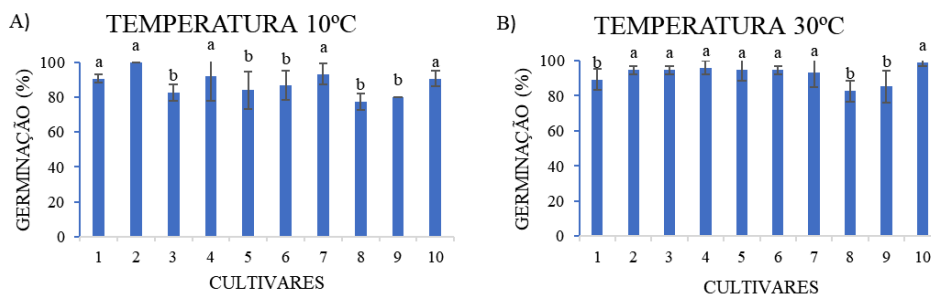


Figura 37. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas normais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento da germinação de sementes normais com as temperaturas testadas (figura 38), as cultivares 3, 5 e 8 apresentaram diferenças significativas. As demais cultivares não alcançaram uma diferença significativa. Os maiores resultados de germinação de sementes normais deu-se na temperatura de 20 °C. A menor média observada foi na temperatura de 10 °C, em todas as cultivares.

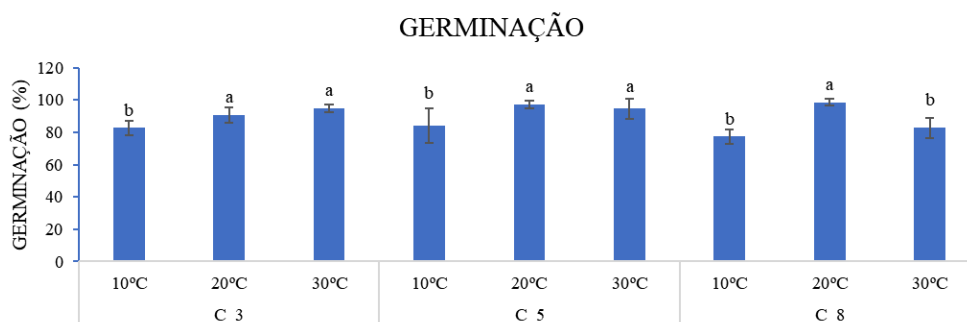


Figura 38. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas normais no teste de germinação de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

De acordo com Khaeim, 2022, a faixa de germinação superior de 25 °C e 30 °C proporciona germinação mais rápida e crescimento inicial da muda em menos de cinco dias, mas não para a fase subsequente de crescimento da muda. A temperatura é um fator decisivo para a germinação, pois influencia sobre as enzimas que regulam a velocidade das reações bioquímica que ocorrem nas células após a reidratação, para esta atividade ocorrer precisa de uma temperatura ótima (Ruiz-Ramírez, 2024).

Na porcentagem de germinação de plântulas anormais (figura 39), apenas a temperatura de 10 °C apresentou diferença significativa. As temperaturas de 20 °C e 30 °C não apresentaram diferença significativa. As cultivares 5, 8 e 9 apresentaram a maior porcentagem de plântulas anormais.

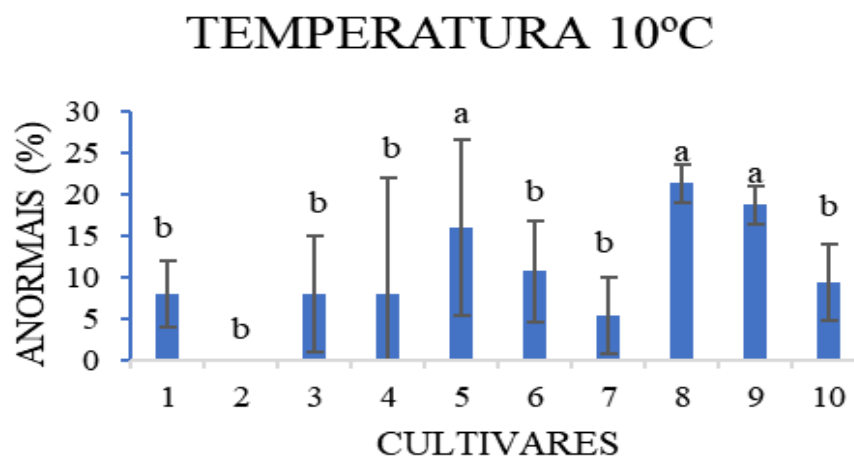


Figura 39. Desdobramento da variável porcentagem de germinação de plântulas anormais de trigo aos oito dias da montagem do teste de germinação em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento de plântulas anormais com as temperaturas testadas (figura 40), apenas as cultivares 5, 8 e 9. As demais cultivares 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 10 não apresentaram diferenças significativas. O maior aparecimento de plântulas anormais foi notado na temperatura de 10 °C. A menor média de plântulas anormais foi notada na temperatura de 20 °C. Temperaturas extremas, altas ou baixas, aumentam o aparecimento de plântulas anormais (Hetea *et al.*, 2022), neste caso a menor temperatura testada (10 °C) foi a que menor afetou as sementes das cultivares estudadas. Temperaturas fora da faixa ótima pode afetar a atividade das enzimas, como as enzimas ligadas ao fornecimento de energia, o que gera menor

disponibilidade de suprimento para a germinação e crescimento de plântulas (Bewley *et al.*, 2013).

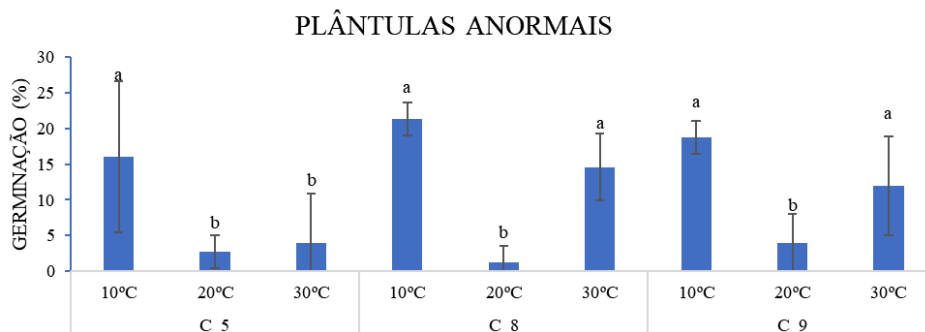


Figura 40. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para plântulas anormais no teste de germinação de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, $n=3$.

Para o comprimento da parte aérea, as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferenças significativas. Já para temperatura de 10 °C não foram observadas diferenças. Na temperatura de 20 °C, as cultivares 1, 2, 7 e 8 alcançaram as maiores médias de comprimento da parte aérea (figura 41.A). Já na temperatura de 30 °C, as cultivares 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 10 tiveram as maiores médias (figura 41.B). As cultivares 1, 2 e 7 alcançaram os maiores valores em ambas temperaturas.

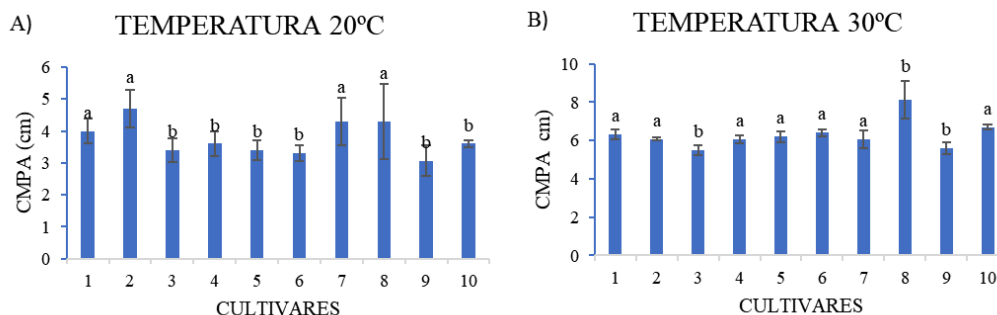


Figura 41. Desdobramento da variável comprimento da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B)

desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento de comprimento da parte aérea com as temperaturas testadas, todas as cultivares obtiveram diferenças significativas (figura 42). Todas as cultivares apresentaram o maior valor de comprimento de parte aérea na temperatura de 30 °C e o menor na temperatura de 10 °C. Para o crescimento da parte aérea, em temperaturas abaixo de 20 °C, o crescimento é mais lento, e em temperaturas pouco maior que a faixa de temperatura ideal, o crescimento é superior (Porter e Grawith, 1999).

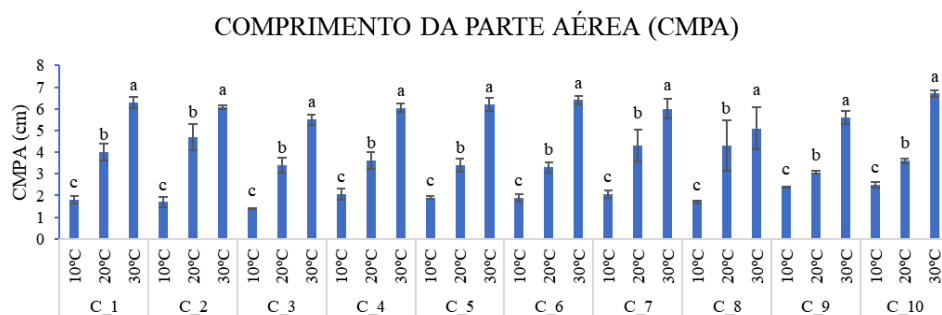


Figura 42. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

No comprimento da parte radicular de plântulas de trigo (figura 43), apenas as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa. A temperatura de 10 °C não apresentou diferença significativa. A cultivar 2 alcançou os maiores valores nas duas temperaturas citadas. Na temperatura de 20 °C, as cultivares 8 e 9 também obtiveram valor de comprimento radicular alto (figura 43.A). Para a

temperatura de 30 °C, além da cultivar 2, apenas a cultivar 10 mostrou uma média maior no tratamento (figura 43.B)

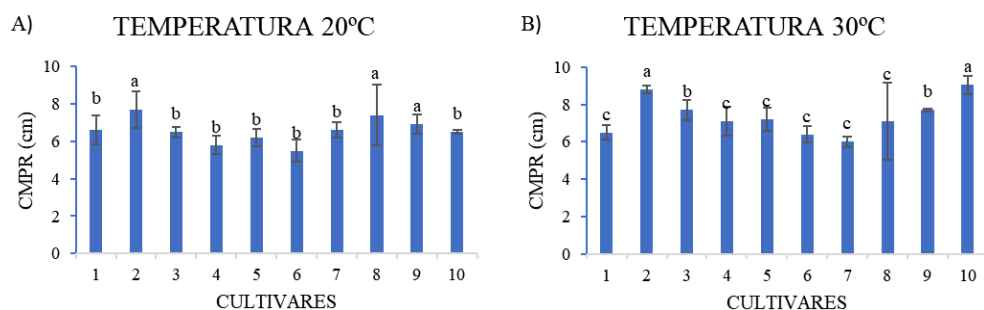


Figura 43. Desdobramento da variável comprimento da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Já para o desdobramento do comprimento da parte radicular com as temperaturas testadas (figura 44), todas as cultivares apresentaram diferença significativa. Todas as cultivares alcançaram as maiores médias de comprimento radicular na temperatura de 30 °C e o menor comprimento na temperatura de 10 °C. Para o crescimento da parte radicular, temperaturas extremas são mais prejudiciais, ou seja, o intervalo entre temperatura mínima e máxima é menor quando comparadas para parte aérea (Nielsen E Humphiries, 1996).

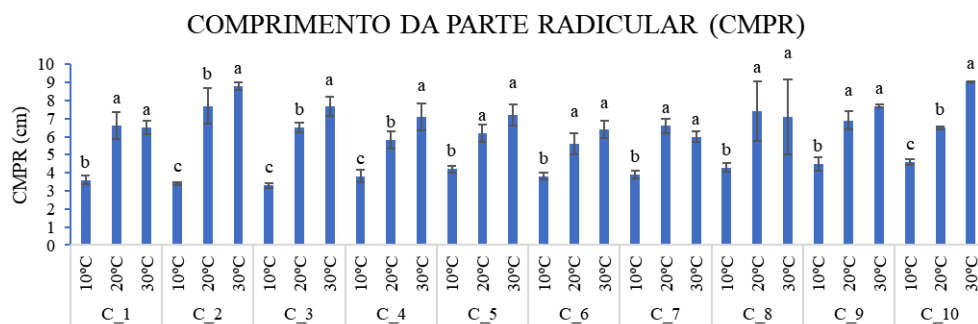


Figura 44. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, $n=3$.

No comprimento total de plântulas de trigo, as temperaturas que apresentaram diferenças significativas foram de 20 °C e 30 °C (figura 45). Para a temperatura de 20 °C, as cultivares 2, 7 e 8 apresentaram as maiores médias (figura 45.A). Já para a temperatura de 30 °C, apenas as cultivares 2 e 10 alcançaram as maiores médias de comprimento total de plântulas (figura 45.B).

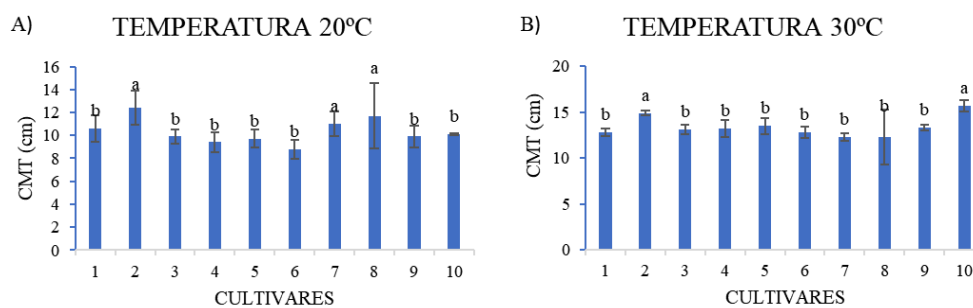


Figura 45. Desdobramento da variável comprimento total de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, $n=3$

Desdobrando o comprimento total de plântulas com as temperaturas, todas as cultivares apresentaram diferenças significativas (figura 46). Todas as cultivares alcançaram as maiores médias de comprimento radicular na temperatura de 30 °C e o menor comprimento na temperatura de 10 °C.

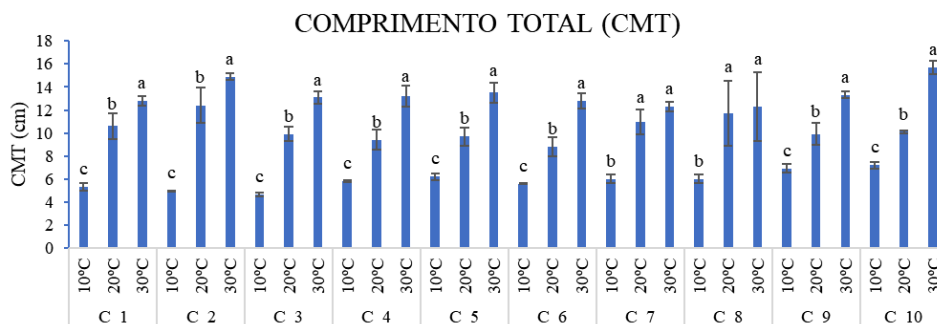


Figura 46. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para comprimento total de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

O estresse por calor atrapalha processos fisiológicos, danifica as membranas e perturba as vias metabólicas, tendo como produto a baixa produtividade e qualidade do produto agrícola (Kumar, 2023). No entanto, neste estudo, plântulas até o oitavo dia de germinação, apresentaram um ótimo desenvolvimento na temperatura mais alta testada. Ou seja, a alta temperatura, 30 °C, pode ter proporcionado maior respiração, a qual acarretou maior desenvolvimento da parte radicular e da parte aérea.

Na determinação da matéria fresca da parte aérea (figura 47), as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferenças significativas. A temperatura de 10 °C não apresentou diferença significativa nesse tratamento. As cultivares 2, 5 e 10 alcançaram as maiores médias em ambas temperaturas. Na temperatura de 20 °C, as cultivares 4, 7 e 8 também atingiram altos valores de matéria fresca da parte aérea (figura 47.A). Para a

temperatura de 30 °C, a cultivar 6 apresentou também maior média (figura 47.B).

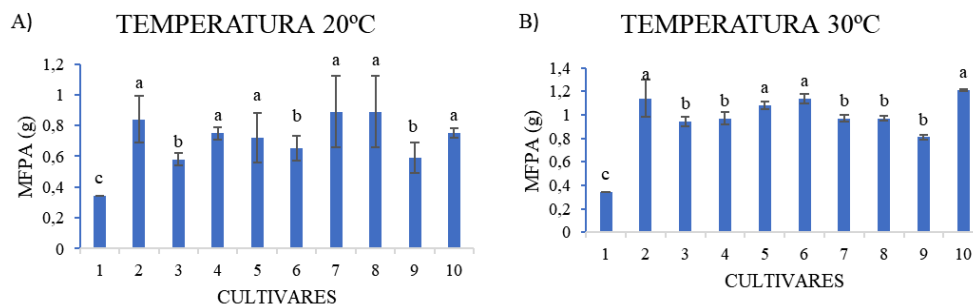


Figura 47. Desdobramento da variável matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento da matéria fresca da parte aérea (figura 48), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferenças significativas. Todas as cultivares alcançaram as maiores médias de comprimento radicular na temperatura de 30 °C e o menor comprimento na temperatura de 10 °C.

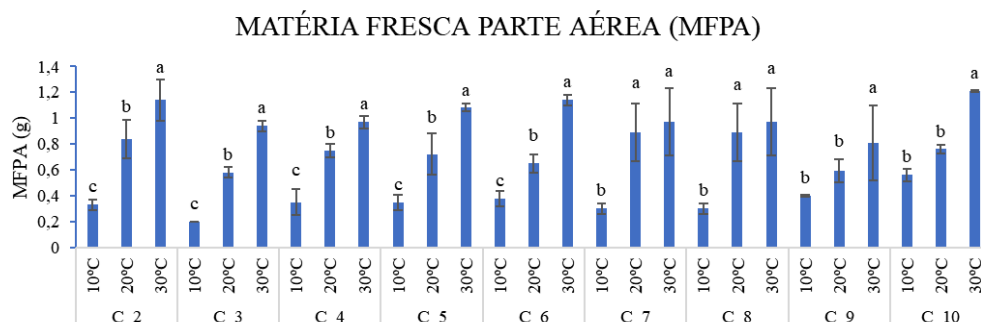


Figura 48. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Na matéria fresca da parte radicular (figura 49), todas as temperaturas testadas apresentaram diferença significativa. Na temperatura de 10 °C, as cultivares 4, 5, 7, 8, 9 e 10 alcançaram as maiores médias de matéria fresca radicular (figura 49.A). As cultivares 7 e 8 obtiveram as maiores médias na temperatura de 20 °C (figura 49.B). E para a temperatura de 30 °C, apenas as cultivares 5 e 10 chegaram nas maiores médias de comprimento radicular (figura 49.C)

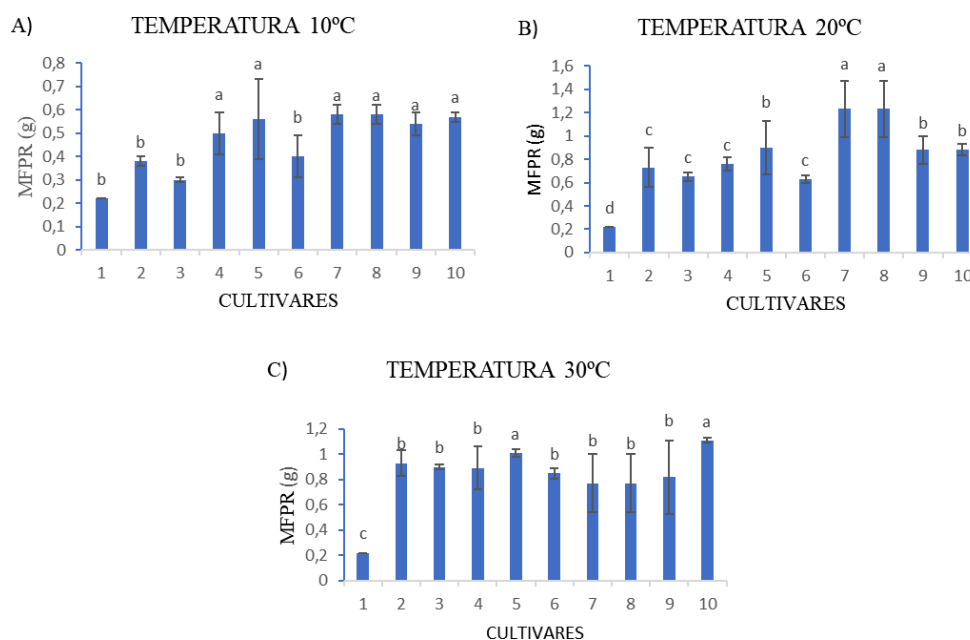


Figura 49. Desdobramento da variável matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 10 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (C) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

Para o desdobramento da matéria fresca da parte radicular com as temperaturas testadas (figura 50), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferença significativa. As cultivares 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 10 apresentaram a maior média de matéria fresca radicular na temperatura de 30 °C. Já as cultivares 7 e 8 alcançaram as maiores médias na temperatura de 20 °C. Todas as cultivares apresentaram a menor média na temperatura de 10 °C.

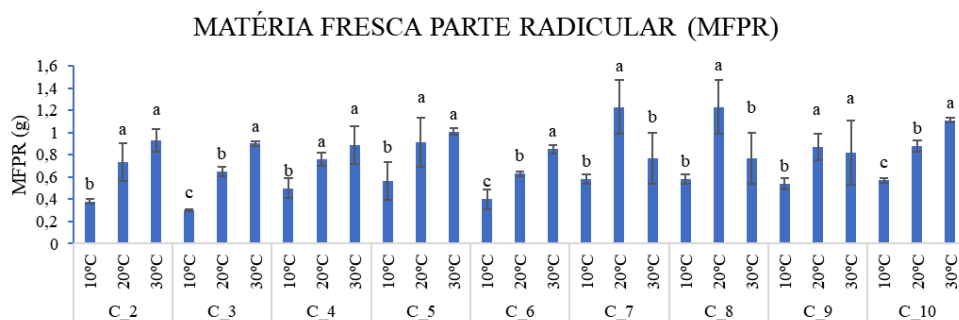


Figura 50. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria fresca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, $n=3$.

Na matéria seca da parte aérea, apenas as temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa (Figura 51). A temperatura de 10 °C não apresentou diferença. As cultivares 2, 4, 5, 7, 8 e 9 apresentaram as maiores médias de matéria seca da parte aérea em ambas temperaturas. Na temperatura de 30 °C, apenas a cultivar 1 mostrou uma média baixa de matéria seca (figura 51.B).

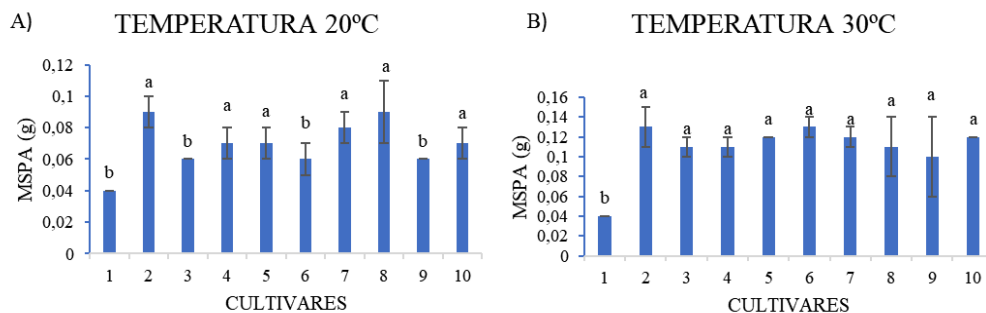


Figura 51. Desdobramento da variável matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$

No desdobramento da matéria seca da parte aérea com as temperaturas (figura 52), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferenças significativas. Todas as cultivares alcançaram as maiores médias de comprimento radicular na temperatura de 30 °C e o menor comprimento na temperatura de 10 °C.

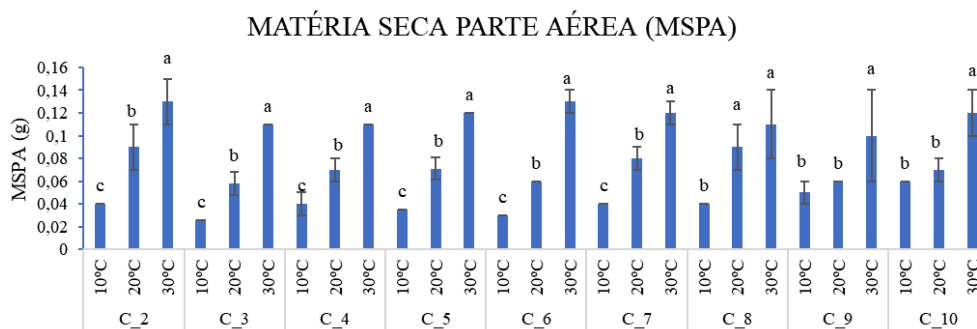


Figura 52. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte aérea de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média $\pm dp$, $n=3$.

Na determinação da matéria seca da parte aérea (figura 53). As temperaturas de 20 °C e 30 °C apresentaram diferença significativa. A temperatura de 10 °C não apresentou diferença significativa. Na temperatura de 20 °C, apenas a cultivar 8 apresentou média alta para esse tratamento (figura 53.A). Na temperatura de 30 °C, apenas a cultivar 1 apresentou uma média baixa para a matéria seca da parte aérea (figura 53.B)

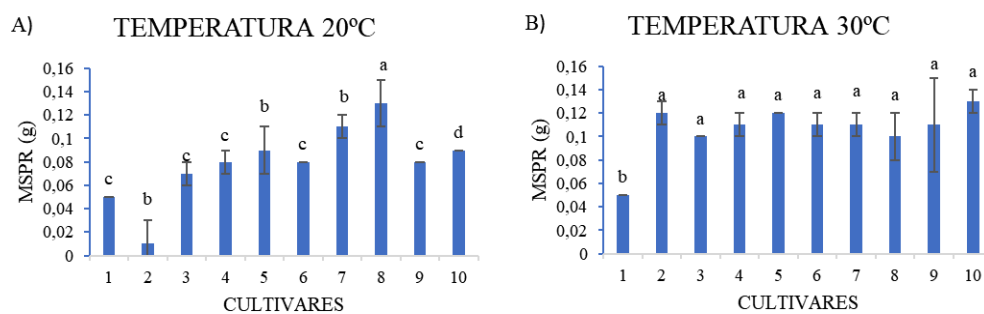


Figura 53. Desdobramento da variável matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Sementes de tamanho grande (<2,75mm). (A) desdobramento de cultivar dentro da temperatura de 20 °C. (B) desdobramento da cultivar dentro da temperatura de 30 °C. Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3

No desdobramento da matéria seca da parte radicular com as temperaturas testadas (figura 54), todas as cultivares, exceto a cultivar 1, apresentaram diferenças significativas. Todas as cultivares alcançaram as maiores médias de comprimento radicular na temperatura de 30 °C e o menor comprimento na temperatura de 10 °C.

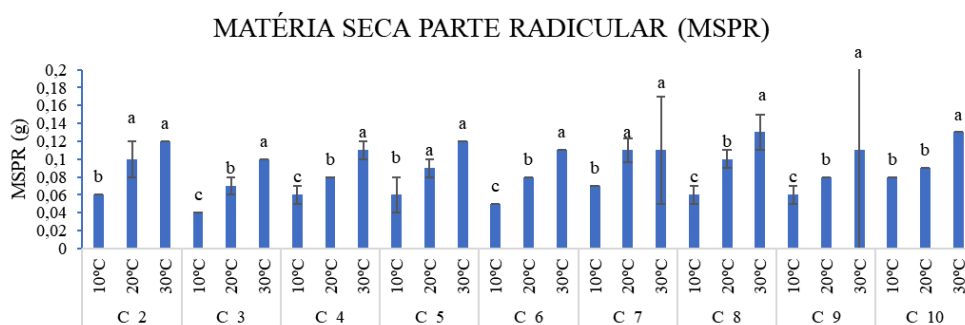


Figura 54. Desdobramento da interação do fator temperatura dentro das cultivares nas quais houveram diferença significativa para matéria seca da parte radicular de plântulas de trigo (tamanho G) em diferentes temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C). Médias seguidas das mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Média \pm dp, n=3.

Temperaturas aumentadas e fenologia acelerada podem resultar em menor acúmulo de biomassa (Asseng *et al.*, 2004). No presente estudo, foi

notório que a biomassa estabelecida em temperaturas elevadas, 30 °C, continua sendo superior daquelas em temperaturas inferiores, 10 °C. Mesmo na matéria seca, os maiores valores foram encontrados entre a temperatura de 20 °C e 30 °C.

Ou seja, para as cultivares de trigo testadas, temperaturas mais altas (20 °C e 30 °C), são mais eficientes para que as plantas cresçam mais e acumulem mais matéria seca. Normalmente temperaturas mais altas aumentam as taxas respiratórias, disponibilizando mais energia para divisão e alongamento celular, também aumentam a atividade das enzimas relacionadas ao metabolismo do carbono e nitrogênio que se associam a síntese de proteínas e ao crescimento (Taiz, 2017)

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo sugerem que a temperatura de 30 °C é mais indicada para obtenção de plântulas mais vigorosas. Com isso, os genótipos 2 e 10 demonstraram melhores valores de germinação e crescimento em comparação com as demais cultivares independente do tamanho das sementes. As sementes maiores tendem a apresentar vantagens em termos de acúmulo de massa seca e vigor das plântulas, especialmente em condições de temperatura mais elevada (20°C e 30 °C). No entanto, a temperatura de 10 °C afeta negativamente o desempenho de sementes e plântulas de trigo, independente do tamanho da semente.

Com base nos resultados obtidos no estudo, verificou-se que as melhores cultivares para germinação em condições de altas temperaturas (30 °C) são as cultivares 2 e 10, enquanto que o tamanho das sementes pode variar em eficácia dependendo das condições de temperatura, pois afeta a matéria fresca e matéria seca tanto da parte aérea quanto da parte radicular. Esta análise evidencia a importância de considerar tanto a escolha da cultivar quanto o tamanho das sementes no manejo da triticultura, especialmente em regiões suscetíveis a variações climáticas. A seleção de cultivares mais resistentes e a utilização de sementes adequadas podem contribuir significativamente para a sustentabilidade e produtividade da cultura do trigo em cenários de estresse térmico.

6 BIBLIOGRAFIA

ASSENG, Senthold; FOSTER, I. A. N.; TURNER, Neil C. The impact of temperature variability on wheat yields. **Global change biology**, v. 17, n. 2, p. 997-1012, 2011.

Asseng, S., P. D. Jamieson, Bruce Kimball, P. Pinter, K. Sayre, J. W. Bowden, and S. M. Howden. "Simulated wheat growth affected by rising temperature, increased water deficit and elevated atmospheric CO₂." *Field Crops Research* 85, no. 2-3 (2004): 85-102.

ABITRIGO - Associação Brasileira da Indústria do Trigo (2022). **Importação de Trigo – 2022**. Disponível em: < <https://www.abitrigo.com.br/estatisticas/> >. Acesso em: 03 jul. 2024

ADEBISI, M. A. et al. Influence of different seed size fractions on seed germination, seedling emergence and seed yield characters in tropical soybean (*Glycine max* L. merrill). **International Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 1, p. 26–33, 2013.

AMARO, H. T. et al. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro.. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383–389, 2015.

AMBIKA, S.; MANONMANI, V.; SOMASUNDARAM, G. Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. **Research Journal of Seed Science**, p. 31–38, 2014.

ASSIS, A. A. de; DALASTRA, I. M. Teste de condutividade elétrica para determinação de vigor de sementes de trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 40-48, 2019.

BAGATELI, J. R. et al. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 151–159, 2019.

BAZZO, J. H. B. et al. Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 30, n. 1, p. 39–50, 2021.

BEWLEY, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). **Seeds: Physiology of development, germination, and dormancy** (3rd ed.)

BIANCHI, M. C. et al. Soybean seed size: how does it affect crop development and physiological seed quality? **Journal of Seed Science**, v. 44, 2022.

BLUM, A.; SINMENA, B. **Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant** Field Crops Research, Amsterdam, v.37, n.3, p.185-191, 1994.

BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo do plantio à colheita**. Viçosa, UFV, 260 p., 2015.

BRASIL. **Instrução Normativa** nº 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 set. 2013. Seção 1, p. 16.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2009b.

BRUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S.; AIDAR, M. P. M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004. p.163-185

BURRIS, J.S.; NAVRATIL, R.J. **Relationship between laboratory cold test methods and field emergency in maize inbreds**. Agronomy Journal, Madison, v.71, n.6, p.985-988, 1979.

CAI, FU. et al. "The effect of drought and sowing date on dry matter accumulation and partitioning in the above-ground organs of maize." **Atmosphere** 13.5 (2022): 677p.

CAIERÃO, E. et al. Origem, Evolução e Melhoramento Genético. In: MORI, C. DE et al. (Eds.). **Trigo: O produtor pergunta e a Embrapa Responde**. 1. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, 2016. p. 15–30.

CARDOSO, C. P. et al. Effect of seed vigor and sowing densities on the yield and physiological potential of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

CARVALHO, N. M.; YANAI, K. Maturação de sementes de trigo. **Científica**, Jaboticabal, v. 4, n. 1, p. 33-38, 1976.

CHANDRASEKARAN, MURUGESAN. Arbuscular mycorrhizal fungi mediated enhanced biomass, root morphological traits and nutrient uptake under drought stress: a meta-analysis. **Journal of Fungi** 8.7 (2022): 660p

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2017). **A cultura do trigo**. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_d_o_trigo_versao_digital_final.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2024.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2023). **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>>. Acesso em: 03 jul. 2024.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2022). **Análise Mensal Trigo**. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/download/45239_43ad9147226fcce48adeb9a513134faa>. Acesso em: 03 jul. 2024.

CONRAD, V. A. D.; RADKE, A. K.; VILLELA, F. A. Atributos físicos e fisiológicos em sementes de soja no beneficiamento. **Magistra**, v. 29, n. 2, p. 56–63, 2018.

DELOUCHE, J. C., Seed maturation. In: **Handbook of seed technology**. Mississippi State University, State College, Mississippi. P. 17-21, 1971.

DEMARI, G. H. et al. Seed Size and Its Influence on Growth-Related Agronomic Characters of Wheat Plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 12, p. 29, 2019.

DOORENBOS, J., KASSAM, AH. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212 p. (FAO. Riego y drenaje, 33).

EICHELBERGER, L. Produção de sementes. In: MORI, C. DE et al. (Eds.). **Trigo: O produtor pergunta e a Embrapa Responde**. 1. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, p. 247-261, 2016.

EICHELBERGER, L. Produção de sementes de trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, cap. 14, p. 349–369, 2011.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cereal Supply and Demand Brief**. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

FESSEL, S. A. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment:

Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.

Finch-Savage, W. Influência da qualidade da semente no estabelecimento, crescimento e rendimento da cultura. Em *Qualidade da semente* ; CRC Press: Boca Raton, FL, EUA, 2020; pp. 361–384.

FISCHER, R.A. In: Wheat for more tropical environments. Physiological limitations to production wheat in semitropical and tropical environments and possible selections criteria. México, CIMMYT, 1985.

FOKAR, M.; NGUYEN, H.T.; BLUM, A. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermo tolerance and its heritability. *Euphytica*, v.104, p.1-8, 1998.

GAO, Yun et al. Effects of low temperature in spring on fertility of pollen and formation of grain number in wheat. 2020.

HAI SGHAIER, Asma et al. Germination and seedling development responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds to temperature and different levels of water availability. **Agriculture**, v. 13, n. 3, p. 608, 2023.

HAI SGHAIER, Asma et al. The effects of temperature and water on the seed germination and seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Plants** 11.21 (2022): 2819.

HETEA, DENISA CRISTIANA, Ş. L. Bătrîna, and F. Imbrea. Assessing the germination properties of twenty-seven *Triticum aestivum* varieties with two different methods. (2022): 43-49p.

HUGGINS, T. D. et al. Changes in leaf epicuticular wax load and its effect on leaf temperature and physiological traits in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) exposed to high temperatures during anthesis. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 204, n. 1, p. 49-61, 2018.

JÚNIOR, S. G. de O. et al. Aplicação foliar de silício em plantas de trigo associado a qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, p. 9–16, 2018.

KASHKOOL, H. R. Effect of seed size and cultivation method in the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*). **Plant Archives**, v. 21, p. 1262–1265, 2021.

KELER, V. V.; MARTYNOVA, O. V. Seed qualities variation of spring wheat grain depending on its alignment. **Earth and Environmental Science**, v. 659, n. 1, 2021.

KHAEIM, Hussein et al. The effect of temperature and water stresses on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3887, 2022.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Londrina**: Embrapa Soja, 24 p. (Circular técnica, n. 136), 2018.

KOSOVIĆ, Klára et al. Plant proteome changes under abiotic stress—contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. **Journal of proteomics**, v. 74, n. 8, p. 1301-1322, 2011.

KUMAR, Satish; ANAND, Raushan. Effect of germination and temperature on phytic acid content of cereals. **International Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 24-35, 2021.

KUMAR, Satish et al. Unveiling the impact of heat stress on seed biochemical composition of major cereal crops: Implications for crop resilience and nutritional value. **Plant Stress**, v. 9, p. 100183, 2023.

LAMAS, F. M. **Produzir trigo no Brasil, mais que uma opção, uma necessidade**. EMBRAPA Agropecuária Oeste, 08 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34949879/artigo---produzir-trigo-no-brasil-mais-que-uma-opcao-uma-necessidade>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

MACHADO, Stephen; PAULSEN, Gary M. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. **Plant and Soil**, v. 233, p. 179-187, 2001.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. **Seeds Physiology of Cultivated Plants**. 2^o edition. Piracicaba: Fealq, 2016. 198-335 p.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. . *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 03, p. 115-122, 2009.

MATHUR, Sonal; ALLAKHVERDIEV, Suleyman I.; JAJOO, Anjana. Analysis of high temperature stress on the dynamics of antenna size and reducing side

heterogeneity of Photosystem II in wheat leaves (*Triticum aestivum*). **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics**, v. 1807, n. 1, p. 22-29, 2011.

MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

MONDAL, S.; BOSE, B. Accelerated Aging Affects the Germination Physiology of Wheat Seeds. **International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology**, v. 11, p. 209– 216, 2018.

NIELSEN, K. F.; HUMPHRIES, E. C. Effects of root temperature on plant growth. 1966.

NERLING, D. et al. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho durante o beneficiamento.

Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 13, n. 3, p. 238-246, 2014.

PESKE, S.T.; LABBÉ, L.M.B. Beneficiamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 2012. p. 424-480.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGUELLO, G. E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 4. ed., Pelotas, UFPel. 415 p., 2019.

PIMENTEL AJB et al. 2015. Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components. *Revista Ceres* 62: 191-198p.

PORTER, John R.; GAWITH, Megan. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. **European journal of agronomy**, v. 10, n. 1, p. 23-36, 1999.

POSCH, Bradley C. et al. Exploring high temperature responses of photosynthesis and respiration to improve heat tolerance in wheat. **Journal of experimental botany**, v. 70, n. 19, p. 5051-5069, 2019

RAHMAN MA et al. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal of Agriculture Research* 34: 361-372.

RIBEIRO, Guilherme et al. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Current Agricultural Science**

and Technology, v. 18, n. 2, 2012.

RUIZ-RAMÍREZ, Santiago; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, Rosendo. Efecto de la temperatura en germinación de monocotiledóneas: caso maíz y trigo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. e71234-e71234, 2024.

ROSA, D. P. et al. Genetic diversity in soybean seed quality under different storage conditions. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 1, p. 57–72, 2017.

S. Alka and R. Khanna-Chopra, “**Influence of Temperature on Germination and Seedling Growth and Its Relationship with Amylase Activity and Respiration in Wheat Varieties Differing in Temperature Tolerance,**” *Indian Journal of Experimental Biology*, Vol. 33, No. 11, 1995, pp.775-779.

SÁ, M. E. Importância da adubação nitrogenada na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Icone, 1994. Cap. 4, p. 65-98

SHAHI, C. et al. How Seed Size and Water Stress Effect the Seed Germination and Seedling Growth in Wheat Varieties? **Current Agriculture Research Journal**, v. 3, n. 1, p. 60–68, 2015.

SHARMA, Sushma et al. Impact of high temperature on germination, seedling growth and enzymatic activity of wheat. **Agriculture**, v. 12, n. 9, p. 1500, 2022.

SHEWRY, P. R. et al. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.35, p.v8295-8303, 2013.

SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. Germination of Jacaranda mimosifolia (D. Don - Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 47, n. 05, p. 785-792, 2004.

SOUZA, M.A. **Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo**. 1999. 152p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA, Rodrigo Gomes de et al. Produção de trigo no Brasil: Análise de políticas econômicas e seus impactos. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 45, 2021.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2405–2414, 2014.

TABAKOVIC, M.; Simic, M.; Stanisavljevic, R.; Milivojevic, M.; Secanski, M.; Postic, D. Efeitos da forma e do tamanho da semente de milho híbrido na germinação e no vigor de diferentes genótipos. *Chil. J. Agric. Res.* **2020** , *80* , 381–392.

TAIZ, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). **Plant physiology (6th ed.)**

TAVARES, L. C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: Rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, v. 43, n. 8, p. 1357–1363, 2013.

USDA. Wheat Outlook: June, 2024. **Economic Research Service**, jun. 12, 2022. Disponível em: < <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde> >. Acesso em: 25 jul. 2024.

VENSEL, William H. et al. Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm. *Proteomics*, v. 5, n. 6, p. 1594-1611, 2005.