

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

UNESP - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PEDRO HENRIQUE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ARBOLINA ASSOCIADAS
A PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE UREIA NA CULTURA DO TRIGO**

Ilha Solteira - SP
2025

PEDRO HENRIQUE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ARBOLINA ASSOCIADAS
A PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE UREIA NA CULTURA DO TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira – SP, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador:

Prof. Dr. Orivaldo Arf.

Ilha Solteira - SP
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

- O48i Oliveira, Pedro Henrique.
Influência das épocas de aplicação de arbolina associadas a presença ou ausência de ureia na cultura do trigo / Pedro Henrique Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
39 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2025
- Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia
1. Triticum Spp. 2. Cerrado baixa altitude. 3. Clorofila. 4. Bioestimulante.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ARBOLINA ASSOCIADAS A
PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE URÉIA NA CULTURA DO TRIGO.

ALUNO: PEDRO HENRIQUE OLIVEIRA - RA: 201050315

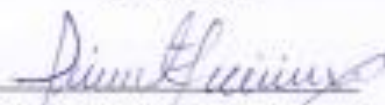
ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 8,5

Comissão Examinadora:



Orivaldo Arf

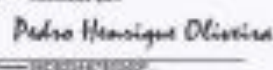


Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues



Bruna Miguel Cardoso

(Doutoranda em Agronomia)

Assinado por:


Pedro Henrique Oliveira

Aluno

Ilha Solteira (SP), 12 de março de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico esse presente trabalho a minha família, em especial aos meus pais, Paulo Roberto e Maria José. Também dedico aos meus avós, Carlota e Thomaz e a todas as outras pessoas da minha família que me apoiaram e me incentivaram a seguir em frente e batalhar pelo meu futuro.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por ter me dado essa oportunidade e condição para que eu possa estar concluindo essa fase da minha vida com muita saúde e alegria.

Em segundo lugar gostaria de agradecer a toda minha família, em especial aos meus pais, por sempre me apoiarem e me incentivarem a seguir sempre em frente, enfrentando qualquer desafio ou dificuldade pelo caminho.

Venho agradecer em especial ao meu orientador Prof. Dr. Orivaldo Arf, o qual tive o privilégio de fazer parte do seu grupo de pesquisa e extensão na universidade, compartilhando toda sua experiência e sabedoria durante meu projeto de pesquisa.

Agradeço ao amigo e professor, Fernando de Souza Buzo e também a Barbara Nairim Ceriani de Luna, por auxiliarem em meu experimento tirando dúvidas e colaborando em campo nas avaliações quando necessário e de forma excelente.

Quero agradecer a todos os professores que tive o prazer em ser aluno. Com toda certeza conseguiram passar um pouco de todo o conhecimento que cada um possui, colaborando para que eu me tornasse um profissional e uma pessoa melhor. Em especial aos professores: Orivaldo Arf, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Edson Lazarini e Ricardo Antonio Ferreira, por ministrarem com excelência cada aula e passado cada informação dos conteúdos com clareza e expertise.

A minha República Litraço, onde convivi com irmãos durante 4 anos, aprendendo ser uma pessoa melhor e enfrentar os desafios diários que a vida coloca em nosso caminho.

Ao grupo de pesquisa e extensão de cereais do Departamento de Fitotecnia, o DFTASE (Orientados do prof. Arf), e a todos que aceitaram o convite para banca e tiveram a disponibilidade de comparecer para esse momento mais que especial.

“O impossível não é um fato: é uma opinião”

(Mário Sérgio Cortella)

INFLUÊNCIA DAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ARBOLINA ASSOCIADAS A PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE UREIA NA CULTURA DO TRIGO

Pedro Henrique Oliveira¹

Orivaldo Arf²

RESUMO

A cultura do trigo é essencial para a segurança alimentar global, desempenhando papel crucial na economia agrícola. Diante da crescente demanda por práticas que conciliem alta produtividade e sustentabilidade, o estudo das épocas de aplicação de Arbolina na calda de pulverização associada à ureia apresenta-se como uma abordagem inovadora. A Arbolina, um bioestimulante orgânico, tem demonstrado potencial para aumentar a resistência das plantas a estresses, enquanto a ureia é amplamente reconhecida como fonte eficiente de nitrogênio. Este estudo teve como objetivo geral investigar os momentos ideais de aplicação de Arbolina na presença e ausência de ureia para aperfeiçoar o desenvolvimento, e produtividade do trigo. Foi desenvolvido em área experimental na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Selvíria – MS, que apresenta Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os tratamentos foram: presença e ausência de ureia (1% na calda de aplicação) e aplicações de Arbolina: T₁ (Controle); T₂ (200 ml ha⁻¹ no perfilhamento); T₃ (200 ml ha⁻¹ no emborrachamento); T₄ (100 ml ha⁻¹ no perfilhamento + 100 ml ha⁻¹ no emborrachamento). A adubação nitrogenada na cultura foi realizada na forma de ureia, com uma dose de 90 kg ha⁻¹ de N. Foram analisados variáveis de NDVI, ICF, macronutrientes, número de grãos por espiga, massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos, na qual os dados foram analisados por meio do Softwer Sisvar. A ureia, ao suprir nitrogênio, desempenhou papel decisivo no desempenho das plantas, evidenciada por ICF e NDVI superiores. Contudo, os diferentes momentos de aplicação da Arbolina não apresentaram impacto significativo nas variáveis analisadas.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L; cerrado de baixa altitude; clorofila; bioestimulante

¹Graduando no curso de Engenharia Agrônômica na faculdade UNESP/FEIS

²Professor Doutor Orientador do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

INFLUENCE OF APPLICATION TIMES OF ARBOLIN ASSOCIATED WITH THE PRESENCE OR ABSENCE OF UREA IN WHEAT CROP

Pedro Henrique Oliveira¹

Orivaldo Arf²

ABSTRACT

Wheat cultivation is essential for global food security, playing a crucial role in the agricultural economy. Given the growing demand for practices that combine high productivity and sustainability, the study of the timing of Arbolin application in the spray solution associated with urea presents an innovative approach. Arbolin, an organic biostimulant, has shown potential to increase plant resistance to stress, while urea is widely recognized as an efficient source of nitrogen. The general objective of this study was to investigate the ideal timing of Arbolin application with and without urea to improve wheat development and productivity. It was developed in an experimental area at the UNESP Teaching, Research and Extension Farm – Selvíria – MS, which has a typical Dystrophic Red Latosol. The treatments were: presence and absence of urea (1%), with Arbolin applications: T1 (Control); T2 (200 ml ha⁻¹ at tillering); T3 (200 ml ha⁻¹ at booting); T4 (100 ml ha⁻¹ at tillering + 100 ml ha⁻¹ at booting). Nitrogen fertilization was carried out in the form of urea, with a dose of 90 kg ha⁻¹ of N. The variables NDVI ICF, Macronutrients, Number of grains per spike, Hectoliter mass, Maasa 1000 grains and Productivity were analyzed, in which the data were analyzed using the Sisvar Software. Urea, by supplying nitrogen, played a decisive role in plant performance, evidenced by higher ICF and NDVI. However, the different times of application of Arbolina did not present a significant impact on the variables analyzed.

Keywords: *Triticum aestivum* L; low altitude savannah; chlorophyll; biostimulant

¹Graduating student in Agronomic Engineering at UNESP/FEIS

²Doctor Professor Advisor, Department of Plant Science, Food Technology and Socioeconomics, UNESP/FEIS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo antes da semeadura do trigo (0,0 – 0,20 m).....	24
Tabela 2 – Valores médios de NDVI e ICF em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS).....	28
Tabela 3 – Valores médios de macronutrientes em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.....	30
Tabela 4 – Valores médios de Número de grãos por espiga em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.....	32
Tabela 5 – Valores médios de massa de 1000 grãos, massa hectolétrica e produtividade em função da aplicação de abolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Características da cultura do trigo.....	11
2.2 Atributos da Arbolina.....	14
2.3 Fertilizantes nitrogenados	15
2.4 Interações entre Arbolina e Ureia na cultura do trigo.....	18
2.5 Sustentabilidade e eficiência de insumos agrícolas	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Instalação e condução do experimento	20
3.2 Variáveis analisadas.....	22
3.3 Análise estatística dos dados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 NDVI e ICF	24
4.2 Macronutrientes	25
4.3 Número de grãos por espiga	27
4.4 Massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos.....	28
5. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das mais relevantes para a segurança alimentar global, sendo um componente essencial na dieta humana e importante fonte de renda para agricultores em diversas regiões do Brasil e do mundo. Entretanto, o aumento da demanda por trigo em um cenário de mudanças climáticas, restrição de recursos naturais e busca por sustentabilidade, exige o desenvolvimento de práticas agronômicas que equilibrem alta produtividade e uso eficiente dos insumos, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (Embrapa, 2022).

No Brasil, a cultura está dispersa entre todos os estados, estando seus cultivos, mais concentrados na região sul do país (Conab, 2017). O trigo está entre os principais alimentos consumidos e produzidos, sendo aproximadamente, 31% da produção mundial de grãos. No Brasil, sua produção anual tem grande oscilação, variando entre cinco e seis milhões de tonelada, não satisfazendo nem 50% do consumo interno (Conab, 2017).

Dessa maneira, existe um alto interesse socioeconômico no país em se expandir o cultivo do trigo. Entre as estratégias para o aumento da área cultivada e produtividade de lavouras já existente, estão o emprego de novas tecnologias, uso adequado e equilibrado de fertilizantes, as quais são essenciais para obtenção de grãos de qualidade (Megda *et al.*, 2009).

A falta do fator nitrogênio se torna limitante, ocasionando baixa produção na cultura do trigo. Em contrapartida doses elevadas podem provocar acamamento das plantas, dificultando a colheita, e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade, além de aumentar os custos de produção, com gastos desnecessários com fertilizantes (Teixeira Filho *et al.*, 2010).

A Universidade de Brasília, em parceria com a Embrapa Hortaliças, desenvolveu um produto à base de CDs (são compostos que possuem como base nanopartículas de o Carbono) denominado Arbolina®, obtido a partir de matéria-prima renovável, pelo qual seu princípio ativo promoveu efeitos expressivos, mas ainda pouco compreendidos (Butruille, 2021; Lemos, 2021; Rodrigues, 2023).

A aplicação de nanopartículas via solo, tratamento de sementes ou pulverização foliar tem mostrado efeitos positivos sobre o crescimento de plantas (Zhao, *et al.*, 2020). Por exemplo, a aplicação de diferentes concentrações de nanopartículas de ferro, óxido

de zinco, cobre e cobalto via tratamento de sementes aumentou a germinação das sementes e o crescimento das plantas de soja (HOE *et al.*, 2018).

Atualmente, o trigo enfrenta uma série de problemas, no que diz respeito ao custo de produção. Dessa maneira, o investimento de novas tecnologias, como a aplicação de Arbolina, pode impulsionar a produção além de reduzir o custo de produção.

O objetivo geral deste trabalho é investigar os efeitos da pulverização de Arbolina e na presença ou ausência de ureia em relação aos componentes de produção, índice de clorofila foliar (ICF) e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes estádios da cultura do trigo. Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos:

- Analisar os efeitos da aplicação de Arbolina em diferentes estágios fenológicos do trigo sobre o crescimento e produtividade dos grãos, na presença e ausência de ureia na calda de aplicação.
- Avaliar a eficiência do uso de N na cultura do trigo quando associado à aplicação de Arbolina.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da cultura do trigo

O trigo é uma das culturas mais antigas e fundamentais para a humanidade, com origem no Crescente Fértil, região entre os rios Tigre e Eufrates, onde foi domesticado há cerca de 10.000 anos. No Brasil, há relatos que o cultivo do trigo tenha se iniciado em 1534, na antiga Capitania de São Vicente. A partir de 1940, a cultura começa a se expandir comercialmente no Rio Grande do Sul. Nessa época, colonos do Sul do Paraná plantavam sementes de trigo trazidas da Europa em solos relativamente pobres, onde as cultivares de porte alto, tolerante ao alumínio tóxico, apresentavam melhor adaptação.

A maior área semeada e a maior produção foram registradas na safra 1986/87 quando, em uma área de 3.456 ha, o Brasil produziu 6 milhões de toneladas. Naquela safra, o Paraná produziu 3 milhões de toneladas e a produtividade alcançou 1.894 kg ha⁻¹. Sua disseminação global consolidou-o como alimento básico e componente essencial na dieta de diversas populações (Embrapa, 2023).

A qualidade fisiológica das sementes exerce um papel crucial na emergência das plântulas. Sementes de alto vigor tendem a apresentar maior porcentagem e velocidade de emergência, resultando em estandes mais uniformes e vigorosos. Estudos indicam que sementes com menor vigor podem ter sua emergência comprometida, especialmente quando submetidas a profundidades de semeadura inadequadas (ABREU, 2017). Portanto, a seleção de sementes de qualidade superior e a definição precisa da profundidade de semeadura são essenciais para o estabelecimento eficiente da cultura.

O trigo é uma cultura relativamente exigente, em termos de nutrição, sendo os nutrientes mais requeridos o (N) e fósforo (P), (Seagri, 2009).

A fonte mais utilizada no Brasil, para fornecimento de N às culturas, é a ureia. Do ponto de vista agrícola, a ureia tem, como vantagens, um elevado teor de N (45%), menor custo de transporte, alta solubilidade, menor corrosividade, compatibilidade com inúmeros fertilizantes e defensivos e facilidade de manipulação, além de causar menor acidificação no solo, comparada a outros fertilizantes (Yano *et al.* 2005; Malavolta, 2006).

Nesse sentido, o N quando insuficiente no solo impõe-se como o maior limitador à produtividade da cultura do trigo tendo como única forma de armazenamento no solo a matéria orgânica (Da Ros *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2014). Conforme Moreira & Siqueira (2002), menos de cinquenta por cento do N aplicado no solo é realmente absorvido pelas culturas, o restante é imobilizado ou perdido por volatilização ou lixiviação.

A pesquisa agrícola desempenha papel crucial no desenvolvimento de cultivares adaptadas às diversas condições edafoclimáticas do Brasil. Instituições de pesquisa e desenvolvimento têm contribuído significativamente para o melhoramento genético, resultando em variedades mais produtivas e resistentes a estresses bióticos e abióticos (Embrapa, 2023).

O cultivo do trigo no Brasil enfrenta desafios, como a competição com outras culturas no mercado agrícola e a necessidade de adaptação a diferentes condições climáticas. No entanto, oportunidades surgem com a expansão para novas áreas, como o Cerrado, onde práticas agrícolas inovadoras têm sido implementadas para viabilizar a produção (OLIVEIRA *et al.*, 2024).

A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira é evidente. Seu cultivo em sistemas de rotação melhora a qualidade do solo, auxilia no

controle de pragas e doenças e contribui para a diversificação da produção agrícola, promovendo maior estabilidade econômica para os produtores (Embrapa, 2023).

As fases fenológicas do trigo são divididas em cinco etapas principais: germinação/crescimento da plântula, afilhamento, alongamento, espigamento e maturação.

Estudos recentes têm explorado como as variáveis ambientais influenciam nas fases fenológicas. Martins *et al.* (2020) analisaram o desenvolvimento de cultivares de trigo sob diferentes condições ambientais, evidenciando que fatores como temperatura e disponibilidade hídrica afetam significativamente o ciclo da cultura. No Cerrado brasileiro, Souza *et al.* (2021) investigaram a influência de fatores climáticos nas fases fenológicas do trigo, destacando a importância de práticas de manejo adaptadas às condições locais para otimizar o desenvolvimento da planta.

A modelagem do ciclo fenológico em resposta a variações térmicas também tem sido objeto de pesquisa. Pereira *et al.* (2021) desenvolveram modelos que correlacionam a acumulação de graus-dia com as diferentes fases do trigo, proporcionando ferramentas valiosas para o planejamento agrícola. Além disso, Carvalho *et al.* (2021) avaliaram o impacto de regimes hídricos nas fases fenológicas, concluindo que a disponibilidade de água é determinante para o sucesso da cultura.

Portanto, a adoção de estratégias de manejo que considerem essas variáveis, aliada ao uso de modelos preditivos, pode contribuir significativamente para a sustentabilidade e o sucesso da produção de trigo no Brasil. A contínua pesquisa e inovação nos campo são fundamentais para enfrentar os desafios climáticos e atender à crescente demanda por alimentos.

O consumo de trigo no Brasil é de aproximadamente 60kg habitante⁻¹ ano⁻¹, sendo o país um grande importador deste grão, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar. Dessa forma, para alcançar altos níveis de produtividade e qualidade dos grãos, é fundamental compreender e atender às exigências nutricionais da cultura ao longo de seu ciclo de desenvolvimento (MASCHIO, 2004).

A resposta das culturas, assim como o trigo, as diferentes combinações de fertilizantes e irrigações adequadas tem sido objeto de pesquisas e contribuído para agregar conhecimento e informações. Tem-se observado respostas positivas dessa interação, visto que acrescentando nutrientes como o N de maneira adequada, a resposta da cultura quando irrigada é alta. Além disso, o manejo nutricional adequado do trigo tem evoluído significativamente nas últimas décadas, impulsionado pelo melhoramento

genético que resultou em cultivares com maior potencial produtivo. Essas novas variedades demandam um aporte nutricional mais preciso e equilibrado para expressarem plenamente seu potencial (Shimshi & Kafkafi, 1978)

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para as plantas, constitui biomoléculas importantes, como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas, ácidos nucleicos e enzimas (Harper, 1994). Destaca-se por ser requerido em maior quantidade pelas gramíneas. Estima-se que, para o trigo, seja necessário aproximadamente 33 kg de N por tonelada de grãos produzidos. Além de sua importância biológica, o N é o nutriente mais difícil de ser manejado nos solos de regiões tropicais e subtropicais, em virtude do grande número de reações a que está sujeito e a sua alta instabilidade no solo (Ernani, 2003).

A compreensão da dinâmica de absorção de nutrientes ao longo das fases fenológicas do trigo permite um manejo mais eficiente. Durante a fase vegetativa, há maior demanda por N, enquanto na fase reprodutiva, nutrientes como fósforo e potássio tornam-se mais críticos. A sincronização da disponibilidade de nutrientes com essas fases é crucial para maximizar o rendimento e a qualidade dos grãos (Conab, 2017).

Compreender as fases fenológicas do trigo e os fatores que as influenciam é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo que visem à maximização da produtividade e à sustentabilidade da cultura. Do mesmo modo que pesquisas têm demonstrado que o manejo nutricional adequado pode influenciar positivamente o desempenho produtivo e o valor nutricional de cultivares de trigo e tritcale, evidenciando a importância de estratégias de fertilização adaptadas às condições locais (Vieira, 2021).

2.2 Atributos da Arbolina

Os CDs são partículas de geralmente 10 nm de diâmetro, compostas por carbono (C), oxigênio (O) e nitrogênio (N), sendo que a percentagem desses átomos é variável de acordo com o tipo de síntese e dos reagentes utilizados (LI, Haitao *et al.*, 2012).

Na agricultura, a nanotecnologia apresenta-se como potencial ferramenta para o desenvolvimento de produtos destinados à proteção das plantas, contra estresses abióticos, engenharia genética e nutrição das plantas (Chhipa, 2017; LV *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2016; Zahedi *et al.*, 2020; Zhao, L. *et al.*, 2020).

Estudos experimentais têm demonstrado a eficácia da Arbolina em diferentes culturas. Por exemplo, pesquisas conduzidas com alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico indicaram que a aplicação de Arbolina promoveu incrementos significativos no crescimento, massa úmida e seca das plantas (Rodrigues, 2023).

Resultados semelhantes foram observados em morangueiros, no estudo de (Butruille, 2021), onde diferentes métodos de aplicação e concentrações de Arbolina influenciaram positivamente a produtividade e a qualidade dos frutos (Silva, 2021). A utilização de Arbolina, tanto via substrato quanto por pulverização foliar, influenciou positivamente a produtividade e a qualidade dos frutos, sem alterar significativamente os parâmetros fisiológicos das plantas.

Um estudo com melão amarelo (*Cucumis melo* L.) indicou que a aplicação de Arbolina, associada a diferentes lâminas de irrigação, afetou positivamente características fisiológicas e bioquímicas durante a floração, além de aumentar a produtividade de frutos comerciais (Vieira, Nicolly Quirino Barros et al., 2024).

Além disso, a Arbolina tem sido estudada por sua capacidade de aumentar a resistência das plantas a estresses abióticos, como a seca, tornando-as mais tolerantes e produtivas em condições adversas (Claudino et al., 2021).

Em girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), doses de Arbolina contribuíram para a redução da severidade de doenças fúngicas, sugerindo um papel na indução de resistência em plantas (Silva et al., 2023).

Em síntese, a Arbolina apresenta-se como uma ferramenta promissora na agricultura, promovendo melhorias fisiológicas e bioquímicas em diversas culturas, aumentando a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, representando uma inovação significativa no campo dos biofertilizantes, combinando nanotecnologia e eficiência agronômica.

2.3 Fertilizantes nitrogenados

A ureia é amplamente utilizada na agricultura brasileira como fonte de N devido ao seu baixo custo e alta concentração desse nutriente (SILVA, 2023). No entanto, sua aplicação inadequada pode resultar em perdas significativas de N por volatilização, reduzindo a eficiência do fertilizante e causando impactos ambientais negativos (Embrapa, 2018).

Estudos têm investigado estratégias para aumentar a eficiência da ureia. Por exemplo, a incorporação de inibidores de urease diretamente nos grânulos do fertilizante mostrou-se eficaz na redução das perdas por volatilização, melhorando a disponibilidade de nitrogênio para as plantas (Embrapa, 2018). Além disso, a aplicação de ureia revestida tem sido avaliada como alternativa para minimizar essas perdas e aumentar o acúmulo de nitrogênio no solo (Moraes *et al.*, 2017).

A eficiência da ureia também pode ser influenciada pelo método de aplicação. A fertirrigação, por exemplo, permite uma distribuição mais uniforme do fertilizante, potencializando sua absorção pelas plantas. (Favarin, 2011).

Diante disso, a busca por fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada tem sido uma prioridade. Esses fertilizantes visam fornecer nitrogênio de forma mais eficiente, reduzindo perdas e aumentando a produtividade das culturas. No entanto, sua eficácia pode variar conforme a cultura e as condições de aplicação (Frazão *et al.*, 2014).

A adubação nitrogenada é uma das mais importantes práticas de manejo, pois afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, melhorando a sua produtividade (Sangoi *et al.*, 2007). Além disso, os cultivares de trigo atuais que possuem porte reduzido, maior tolerância ao acamamento e maior potencial produtivo, podem ser beneficiados com o acréscimo da adubação nitrogenada de cobertura (Fornasier Filho, 2008).

A aplicação adequada de N pode melhorar características como o teor de proteínas e o peso dos grãos, resultando em produtos de maior valor nutricional e comercial (Silva *et al.*, 2019).

A absorção de N pelas plantas ocorre predominantemente nas formas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). As raízes captam esses íons do solo através de transportadores específicos presentes nas membranas celulares. Após a absorção, o NO_3^- é reduzido a nitrito (NO_2^-) pela enzima redutase do nitrato e, subsequentemente, a NH_4^+ pela redutase do nitrito. O NH_4^+ é então assimilado em aminoácidos, principalmente glutamina e glutamato, por meio das enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT) (Bredemeier & Mundstock, 2000).

A eficiência desses processos é influenciada por diversos fatores, incluindo a disponibilidade de energia, o suprimento de carboidratos as raízes e a atividade enzimática. A afinidade dos transportadores de N nas membranas plasmáticas e o nível

de aminoácidos no floema radicular também desempenham papéis significativos na regulação da absorção e assimilação do N (Bredemeier & Mundstock, 2000).

No entanto, o N possui como característica desfavorável as elevadas perdas por volatilização sendo estas na presença de palhada sobre o solo e quando falta chuva para a sua incorporação. Além disso, esse processo é intensificado em condições de pH elevado, temperaturas altas e baixa umidade do solo (Cantarella *et al.*, 2017). Estudos demonstram que a palhada de restantes de leguminosas, como a mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*), pode aumentar a volatilização de N-NH₃, especialmente em doses elevadas, devido à rápida decomposição e liberação de N mineralizável (Ribas *et al.*, 2010).

A lixiviação é outro mecanismo de perda de N, particularmente na forma de NO₃⁻, o qual é altamente móvel no solo. Em sistemas agrícolas, a aplicação inadequada de fertilizantes nitrogenados pode resultar em perdas significativas por lixiviação, contaminando lençóis freáticos e cursos d'água.

Para mitigar essas perdas e aumentar a eficiência do uso do N, é fundamental adotar práticas de manejo adequadas, como a escolha da fonte do fertilizante, o momento oportuno de aplicação e condições ambientais. Cantarella (2017) destaca a importância de práticas que reduzam as perdas de N no solo, melhorando a absorção e metabolização do nutriente pelas plantas.

Além disso, a utilização de indicadores do estado nutricional de N nas plantas pode auxiliar no manejo eficiente da adubação nitrogenada. Parâmetros como o teor de N na matéria seca, o conteúdo de NO₃⁻ no pecíolo e índices de clorofila, medidos por dispositivos como o SPAD, são ferramentas úteis para avaliar a necessidade de N em culturas específicas (Souza & Fernandes, 2013).

Estudos com a cultura da soja indicam que a irrigação em estádios específicos do desenvolvimento da planta pode maximizar o rendimento e melhorar atributos qualitativos dos grãos, como o teor de óleo e proteínas (Pereira *et al.*, 2020).

A densidade de semeadura é outro fator determinante na produtividade e qualidade dos grãos de trigo. Pesquisas indicam que ajustes na densidade de plantas podem otimizar o aproveitamento de recursos como luz, água e nutrientes, resultando em grãos de melhor qualidade e maior rendimento por área cultivada (Alves *et al.*, 2020). Portanto, a definição adequada da densidade de semeadura é uma prática essencial no manejo da cultura do trigo.

2.4 Interações entre Arbolina e ureia na cultura do trigo

A interação entre Arbolina e ureia, apresenta potencial significativo na otimização do cultivo do trigo, sendo que o manejo integrado desses insumos pode resultar em melhorias notáveis na produtividade e na qualidade dos grãos, ao mesmo tempo em que contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis. Enquanto a ureia desempenha papel crucial no fornecimento de N para o metabolismo das plantas, a Arbolina, por sua vez, atua como um regulador de crescimento, promovendo respostas fisiológicas que potencializam o desempenho da cultura (Wuaden *et al.*, 2018).

Estudos evidenciam que a ureia aplicada em momentos fenológicos críticos, como o enchimento de grãos, pode melhorar o teor proteico e o peso hectolitro do trigo, parâmetros essenciais para a qualidade industrial (Neptune & Lourenço, 1977). Dessa forma, sua eficiência está diretamente ligada à forma e ao momento da aplicação, considerando a volatilização do N e os processos de lixiviação em solos de baixa retenção (Espindula, 2010).

No contexto do manejo agrícola, a Arbolina se destaca por sua capacidade de ser misturada com outros insumos, como a ureia, sem perder suas propriedades bioestimulantes (Embrapa, 2024).

Estudos recentes mostram que a aplicação de bioestimulantes no tratamento de sementes de trigo pode melhorar o desenvolvimento inicial da cultura, aumentando a uniformidade das plântulas e promovendo um sistema radicular mais robusto. Essas características favorecem a absorção eficiente de N, contribuindo para o desenvolvimento vegetativo equilibrado e para a formação de grãos de alta qualidade (News Osalim, 2024).

No estágio de perfilhamento, a aplicação de ureia é fundamental para promover o desenvolvimento vegetativo inicial. Nesse período, o N auxilia no estabelecimento de plantas vigorosas, aumentando a capacidade fotossintética e a formação de perfilhos férteis, que são precursores diretos do rendimento final (Prando *et al.*, 2013).

Na fase de alongação, ocorre uma alta demanda por N devido ao crescimento acelerado das plantas. A ureia aplicada nesse momento contribui para o alongamento dos colmos e a formação das folhas, essenciais para sustentar o desenvolvimento da espiga. A Arbolina, por sua vez, reduz o estresse fisiológico, favorecendo a uniformidade do crescimento e a robustez das plantas (Oliveira & Ferreira, 2024).

O espigamento é um dos momentos mais críticos para a aplicação de ureia, pois o nitrogênio influencia diretamente o número de grãos por espiga. Nesse estágio, a suplementação nitrogenada deve ser feita de maneira criteriosa para evitar efeitos negativos, como a toxicidade por excesso de nitrogênio ou a perda de eficiência agrônômica (Machado, 2024). A aplicação de Arbolina pode ser benéfica ao melhorar a transferência de fotoassimilados para as espigas, garantindo maior peso de grãos (Lemos, 2021).

Durante o enchimento de grãos, a demanda por nitrogênio ainda persiste, mas em menor intensidade. Nesse período, a ureia deve ser aplicada em doses controladas, priorizando a manutenção da qualidade dos grãos sem comprometer a eficiência de uso do nutriente (ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

A correta definição dos estágios críticos para a aplicação de ureia e Arbolina na cultura do trigo é essencial para o manejo eficiente da lavoura. O sincronismo entre as necessidades fenológicas das plantas e a disponibilidade de nutrientes e hormônios de crescimento é determinante para alcançar altos rendimentos e qualidade de grãos (KRELING, 2023). Estudos demonstram que o uso integrado de tecnologias, aliando o conhecimento agrônômico às características do ambiente de cultivo, pode otimizar o aproveitamento dos insumos e minimizar impactos ambientais (ESPINDULA, 2010).

Portanto, práticas baseadas em critérios técnicos, como a análise de solo, o monitoramento climático e a observação das fases fenológicas do trigo, são indispensáveis para o sucesso da produção agrícola. A aplicação de ureia e Arbolina, quando realizada nos momentos adequados, oferecem resultados significativos, evidenciando a importância da pesquisa contínua para o aprimoramento dessas práticas agrícolas (PRANDO *et al.*, 2013; OLIVEIRA & FERREIRA, 2024).

2.5 Sustentabilidade e eficiência de insumos agrícolas

A busca por sustentabilidade e eficiência no uso de insumos tem se intensificado nos últimos anos, refletindo a crescente preocupação com a preservação ambiental e a necessidade de otimizar recursos nos processos produtivos. No Brasil, diversos estudos têm explorado essas temáticas, oferecendo insights valiosos para a implementação de práticas mais sustentáveis.

Carvalho e Policarpo (2018) conduzem uma análise bibliométrica sobre indicadores de sustentabilidade no Brasil entre 2012 e 2017. Os resultados indicam uma

diversidade de indicadores utilizados, com destaque para o Relatório de Sustentabilidade conforme diretrizes da *Global Reporting Initiative* e o Índice de Sustentabilidade Empresarial. No entanto, os autores identificam uma redução nas publicações nos últimos anos do período analisado, sugerindo a necessidade de revitalizar a pesquisa na área.

Fonseca *et al.* (2019) introduzem o conceito de Agro 4.0, apresentando um sistema de informação verde para a gestão sustentável de agroecossistemas. O estudo destaca a aplicação de técnicas de ciência de dados para monitorar e avaliar a sustentabilidade em propriedades rurais, permitindo a identificação de práticas mais eficientes e a tomada de decisões informadas para a gestão ambiental.

Em síntese, os estudos recentes evidenciam avanços significativos na promoção da sustentabilidade e eficiência no uso de insumos no Brasil. No entanto, persistem desafios que demandam esforços contínuos de pesquisadores, formuladores de políticas e da sociedade em geral para consolidar práticas sustentáveis em diversos setores da economia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução do experimento

O trabalho foi desenvolvido na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira - SP, no ano agrícola de 2023, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros.

O solo local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico (Santos *et al.*, 2018). O clima predominante da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). A precipitação média anual da região é de 1.370 mm, com temperatura máxima, mínima e média de, respectivamente, 31°C, 19°C e 25°C (Portugal, Peres E Rodrigues, 2015).

As características químicas do solo obtidas antes da implantação do experimento para a camada de 0,00-0,20 m, de acordo com a metodologia proposta por RAIJ *et al.* (1996) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo antes da semeadura do trigo (0,0 – 0,20 m).

P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	SO ₄	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	%	mmolc dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
27	17	5,8	1,3	22	16	22	0	61,3	64	4	0,21	2,1	21	16,9	1,4

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 2 x 4. As parcelas foram constituídas por 13 linhas de 5 metros de comprimento, considerando-se como área útil as linhas centrais e desprezando-se das extremidades. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de fatores: Presença e ausência de ureia na calda de pulverização (1% de uréia), e tratamentos com aplicações de Arbolina: T₁ (Controle); T₂ (200 ml ha⁻¹ no perfilhamento); T₃ (200 ml ha⁻¹ no emborrachamento); T₄ (100 ml ha⁻¹ no perfilhamento + 100 ml ha⁻¹ no emborrachamento).

O cultivar de trigo utilizado foi o ORS 1403, caracterizado por elevado potencial produtivo e qualidade industrial, além de ser resistente às principais doenças e possuir maior tolerância ao estresse hídrico e ser indicado para a região (OR Sementes, 2023).

Para uma adequada emergência das plântulas de trigo e número de perfilho, foi utilizada densidade de 350 sementes viáveis m⁻², conforme recomendação para a cultura.

A adubação nos sulcos de semeadura foi de 375 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16, definida de acordo com as características químicas do solo. A semeadura ocorreu no dia 24 de abril de 2023 e a colheita foi realizada no dia 16 de agosto de 2024, cerca de 114 após a semeadura em campo. A emergência ocorreu 6 dias após a semeadura. Cerca de 20 dias após emergência (DAE), realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura, fornecendo 90 kg ha⁻¹ de N, utilizando uréia. A colheita foi realizada manualmente aos 108 DAE.

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por um sistema de pivô central. No manejo de água foram utilizados coeficientes K ($K = k_c \times K_p$) distribuídos entre a emergência das plântulas e a colheita.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças, quando necessário, foram realizados no período adequado e com produtos recomendados para a cultura.

3.2 Variáveis analisadas

- **NDVI** – O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi proposto por Rouse *et al.* (1973) e tem sido utilizado para mensurar a coloração verde e o tamanho do aparato fotossintético da cultura (PIETRAGALLA; VEJA, 2012). Sensores portáteis de NDVI, com o GreenSeeker®, permitem rápida mensuração do NDVI *in situ*, com resolução para caracterizar o dossel quanto ao Índice de Área Foliar (IAF), Índice de Área Verde (IAV), biomassa e conteúdo de nutrientes (ex. nitrogênio). É importante, no entanto, para a mensuração do NDVI que a superfície das plantas esteja livre de umidade, ou seja, sem a presença de orvalho, irrigação ou chuva (PIETRAGALLA; VEJA, 2012).
- **Índice de Clorofila Foliar** - Através do clorofilômetro chamado ClorofiLOG (Falker, 2008), utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila (=635nm e 660nm) e um outro no infravermelho próximo (=880nm). Da mesma forma que o SPAD, um sensor inferior recebe a radiação transmitida pela estrutura foliar. A partir desses dados, o aparelho fornece valores chamados Índice de Clorofila Falker (ICF) ou Índice de Clorofila Foliar (ICF), proporcionais à absorbância das clorofilas.
- **Macronutrientes** - A avaliação do estado nutricional da cultura do trigo foi realizada no início do florescimento (estádio 10.5.1). Dessa forma, foi coletada a folha bandeira inteira de 30 plantas por parcela (Cantarella; Raij; Camargo, 1997), de maneira aleatória, dentro da área útil de cada parcela. Posteriormente, as amostras de folhas foram lavadas e armazenadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar para secagem, mantida a 65 °C por 72 h. Após serem retiradas da estufa, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e armazenadas em câmara seca até as análises. A partir das amostras das folhas diagnose, foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, além disso, também foram determinados os teores desses nutrientes nos grãos, depois de secos e moídos.

- **Número de grãos por espiga** - Foram coletadas 20 espigas na área útil de cada parcela, por ocasião da colheita, acondicionadas em sacos de papel e levadas para avaliação em laboratório.
- **Massa hectolétrica** - A massa de 100 litros foi determinada em balança própria para a avaliação hectolétrica e com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida), utilizando-se duas amostras por parcela.
- **Massa de 1000 grãos** - Determinada mediante a coleta, ao acaso, e pesagem de duas amostras de 1000 grãos em cada parcela (13% base úmida).
- **Produtividade de grãos** - As plantas da área útil de cada parcela foram colhidas manualmente e trilhadas mecanicamente. Em seguida foi determinada a massa dos grãos e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

3.3 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram submetidos ao Teste F da análise de variância e, quando houve significância, foi realizado teste de Scott-Knott ($P \leq 0.05$) para comparação das médias. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NDVI e ICL

Para a avaliação utilizando NDVI e ICF nota-se diferença na aplicação de ureia no trigo, resultando em 0,73 e 50,28 ICF (índice de clorofila foliar), respectivamente. Já para a aplicação de arbolina e interação arbolina x ureia na calda de aplicação foliar não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de NDVI e ICF obtidos em trigo em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.

Tratamentos	Variáveis analisadas	
	NDVI	Clorofilômetro (ICF)
Ureia		
Sem	0,68 b	47,69 b
Com	0,73 a	50,28 a
Arbolina		
Testemunha	0,70	48,53
200 ml/ha Perfilhamento	0,74	49,17
200 ml/ha Emborrachamento	0,69	49,58
100 ml Perf. + 100 ml/ha Emb.	0,71	48,67
Teste F		
Ureia (U)	10,1**	4,60*
Arbolina (A)	2,23 ^{ns}	0,16 ^{ns}
U x A	0,78 ^{ns}	0,99 ^{ns}
DMS Arbolina	-	-
CV (%)	4,53	6,03

Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS - diferença mínima significativa. CV - Coeficiente de variação.

A presença da Arbolina não interferiu na variável NDVI, seguindo padrões sem variações significativas. O índice de vegetação tem interferência pela quantidade de nitrogênio utilizada na semeadura, uma vez que este nutriente participa diretamente da divisão e expansão celular e do processo fotossintético.

Porém, quando houve presença de N, na forma de ureia via foliar, foi encontrado valor maior de NDVI. Estes resultados confirmam dados encontrados por (Serrano *et al.*

2000), os quais relatam que este efeito ocorre principalmente pelo aumento de reflectância no infravermelho em função de maior acúmulo de MS e maior absorbância no vermelho em função de maior quantidade de clorofila na folha.

Povh (2007), realizando um estudo de leituras de NDVI com doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, encontrou coeficientes de determinação superiores a 0,83 na cultura do trigo com acúmulo de MS.

De acordo com Schadchina & Dmitrieva (1995), o teor de clorofila da folha, assim como a produção de MS, se correlacionam positivamente com o aumento de N e com a produtividade. As doses de ureia aumentaram linearmente as concentrações de clorofila. Isso é atribuído, principalmente, ao fato de que 50 a 70 % do N total da folha ser integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (Chapman & Barreto, 1997).

Resultados obtidos por Cantarella *et al.* (1997) revelam correlação de 0,76 entre o teor de N e medidas de clorofila em leituras realizadas com equipamento SPAD. Esta relação com clorofila indica que o aumento nos teores de N promove maior quantidade de clorofila e consequentemente menor reflectância do espectro vermelho, refletindo em valores maiores de NDVI.

4.2 Macronutrientes

Em relação aos macronutrientes, não houve diferenças entre os valores com e sem ureia e com pulverização de Arbolina. Podemos deduzir que a Arbolina pode não ser um fator determinante em relação à quantidade de nutrientes absorvidos pelo trigo, assim como, doses de 1% de ureia quando aplicada via pulverização foliar (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de Macronutrientes obtidos em trigo em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.

Tratamentos	Variáveis analisadas					
	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Ureia						
Sem	43,68	3,47	31,74	4,82	6,40	5,64
Com	42,67	3,53	32,21	4,91	6,37	6,11
Arbolina						
Testemunha	43,72	3,23	29,97	4,39	6,23	5,63
200 ml/ha Perfilhamento	43,50	3,44	32,69	5,42	6,58	5,40
200 ml/ha Emborrachamento	43,60	3,45	31,5	4,93	6,40	6,36
100 ml Perf. + 100 ml/ha Emb.	42,87	3,87	33,74	4,74	6,34	6,10
Teste F						
Ureia (U)	1,96 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Arbolina (A)	0,38 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,52 ^{ns}
U x A	1,14 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}
DMS Arbolina	-	-	-	-	-	-
CV (%)	4,08	14,87	13,44	15,54	3,39	25,14

Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS - diferença mínima significativa. CV - Coeficiente de variação.

Trabalhos realizados com aplicação de ureia em trigo tiveram resultados diferentes e outros tiveram resultados semelhantes, onde a aplicação de N não interferiu no teor de N foliar.

De acordo com Bredemeier (2000), o decréscimo da disponibilidade de N no solo promove a redução significativa do teor foliar de N. Estudos realizados por Teixeira Filho *et al.* (2007) e Penckowski (2006) demonstram incremento em teor foliar de N com doses crescentes de N.

Freitas *et al.* (1994) não verificaram efeito da adubação nitrogenada no teor foliar de cultivares de trigo. Por outro lado, Pettinelli Neto *et al.* (2002), em razão do fornecimento de N por meio da cultura da soja cultivada há vários anos na área e Pottker *et al.* (1984), em função das condições climáticas adversas; não verificaram efeito da aplicação de N no teor foliar e na produtividade na cultura do trigo.

4.3 Número de grãos por espiga

Para o variável número de grãos por espiga, não houve diferença significativa nos valores quando há presença e ausência de ureia.

Na presença de Arbolina também não houve significância, dessa forma, os valores não se diferiram estatisticamente entre si em nenhuma variável (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de Número de grãos por espiga e Teor de proteína obtidos em trigo em função da aplicação de Arbolina com e sem ureia via foliar. Selvíria (MS) 2025.

Tratamentos	Variáveis analisadas
	Número de grãos por espiga
	Ureia
Sem	29,33
Com	30,43
	Arbolina
Testemunha	31,09
200 ml/ha Perfilhamento	30,47
200 ml/ha Emborrachamento	28,10
100 ml Perf. + 100 ml/ha Emb.	29,86
	Teste F
Ureia (U)	1,11 ^{ns}
Arbolina (A)	1,51 ^{ns}
U x A	0,61 ^{ns}
DMS Arbolina	-
CV (%)	8,59

Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS - diferença mínima significativa. CV - Coeficiente de variação.

Hafez & Kobata (2012) encontraram aumento no número de espiguetas quando as plantas receberam sulfato de amônio em relação à ureia. Embora a ureia seja o fertilizante popular, os resultados indicaram a superioridade do sulfato de amônio para cultura do trigo (Chien *et al.*, 2011).

Já Zagonel *et al.* (2002) e Teixeira Filho *et al.* (2007) verificaram efeito significativo do aumento das doses de N aplicadas em cobertura na forma de ureia e no

número de espigas de trigo por metro, visto que a absorção feita pela planta foi maior, resultando em valores maiores de espigas.

Silva (2019), ao estudar doses de N e cultivares de trigo, constatou que não houve efeito das doses sobre o número de grãos por espiga. Teixeira Filho *et al.* (2008) também não verificaram efeito das doses de N, aplicadas em cobertura, em duas populações de plantas e em duas cultivares de trigo irrigado, na região do Cerrado, isso pode ocorrer devido a estresses sofridos pela planta. No entanto, Coelho *et al.* (1998) observaram incremento no número de grãos por espiga da cultivar E 22, proporcionado pelo aumento das doses de N.

4.4 Massa hectolétrica, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos

Para a massa de 1000 grãos e massa hectolétrica, não foi observado diferença na aplicação de ureia no trigo, resultando em valores próximos e sem diferença significativa.

Ao analisar a variável produtividade nos tratamentos sem e com a presença de ureia, encontra-se diferença significativa na ausência de ureia, com valor igual a 4.368 kg ha⁻¹ e na presença de ureia 3.842 kg ha⁻¹, mostrando que para a produtividade do trigo, o incremento de ureia não foi positivo.

Para os tratamentos com Arbolina, não houve diferença significativa entre os valores de nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de massa hectolítrica, massa de 1000 grãos e produtividade obtidos em trigo em função da aplicação de Abolina com e sem ureia via foliar Selvíria (MS) 2025.

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	Massa de 1000 grãos (g)	Massa hectolítrica (kg 100L ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Ureia			
Sem	31,45	82,51	4.368 a
Com	31,80	82,44	3.842 b
Arbolina			
Testemunha	31,91	81,78	4.095
200 ml/ha Perfilhamento	31,70	82,45	4.185
200 ml/ha Emborrachamento	31,59	82,59	3.886
100 ml Perf. + 100 ml/ha Emb.	31,32	83,07	4.253
Teste F			
Ureia (U)	0,34 ^{ns}	0,01 ^{ns}	8,92 ^{**}
Arbolina (A)	0,17 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,82 ^{ns}
U x A	0,50 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,36 ^{ns}
DMS Arbolina	-	-	-
CV (%)	4,66	1,85	10,50

Médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não significativo, * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. DMS - diferença mínima significativa. CV - Coeficiente de variação.

Floss e Alves (1994), avaliando o efeito de doses de N entre 30 e 90 kg ha⁻¹, constataram que, dependendo do cultivar, doses de 30 e 45 kg ha⁻¹ de N podem elevar a massa hectolítrica. Esse resultado corrobora com Almeida, Sattler e Clazer (1996) os quais verificaram que a ausência de aplicação de N afetou negativamente a massa hectolítrica.

Teixeira Filho *et al.* (2008) também não constataram efeito significativo de doses de N na forma de ureia, na massa hectolítrica de cultivares de trigo irrigados por aspersão. No entanto, Trindade *et al.* (2006) encontraram valores de massa hectolítrica decrescentes, conforme aumento da dose de N, utilizando ureia. Frizzzone *et al.* (1996) também observaram redução na massa hectolítrica com o aumento da adubação nitrogenada.

Zagonel *et al.* (2002) também observaram que a adubação com ureia não influenciou a massa de 1000 grãos. Entretanto, Coelho *et al.* (1998), verificaram aumento na massa de 1000 grãos utilizando 30 e 37 kg ha⁻¹ de N, nas duas safras avaliadas, respectivamente, com diminuição nesse componente com a utilização de doses superiores.

Já Teixeira Filho *et al.* (2007) obtiveram aumento da massa de 100 grãos até 68 kg ha⁻¹ de N, aplicados em cobertura na forma de ureia. Para Frank e Bauer (1996) as doses de ureia influenciaram de forma negativa a massa de 1000 grãos.

Isso evidencia que a eficiência do N aplicado depende das condições estudadas como cultivar, clima e manejo. Silva *et al.* (2008) e Megda *et al.* (2009) não obtiveram efeito utilizando fontes como sulfato de amônio, ureia, e o nitrato de amônio.

5. CONCLUSÕES

A ureia foi o principal fator responsável pelo aumento do vigor vegetativo, com impacto significativo em parâmetros como índice de ICF e NDVI.

Não houve influência da época de aplicação de Arbolina em relação às variáveis estudadas.

A pulverização de Arbolina combinada ou não com ureia não influenciou no índice de clorofila, NDVI e componentes de produção do trigo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. B. de. Emergência de plântulas de *Triticum aestivum* L. em função do vigor da semente e profundidade de semeadura. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/174351/TCC-MARCELA%20BITTERNCOURT%20DE%20ABREU.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- ALVES, L. S.; GONÇALVES, J. R.; BARBOSA, R. M. Influência da densidade de semeadura na produtividade e qualidade de grãos de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 55, e01789, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/7Y8Z3Q6J8Y6J9K8Y9K8J9K8/?lang=pt>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- ALMEIDA, J. L.; SATTLER, R.; CLAZER, E. R. Ensaio de nitrogênio em aveia pós milho, Entre Rios. 1995. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., 1996, Florianópolis. Resultados experimentais... Florianópolis: UFSC, 1996. p. 418-421.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/fgh7ZhdCGrrHMSF6XZsS8ZK/> e <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/22410/%20000274056.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio: dinâmica no solo e eficiência de uso. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI Brasil, 2017. Cap. 3, p. 75-120. Disponível em: <https://1library.org/article/nitrogenio-dinamica-nitrogenio-potassio-solo-absorcao-pelas-culturas.zwvng5d0>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 45-47.
- CARVALHO, D. F.; SANTOS, A. B.; MENDES, R. F. Avaliação das fases fenológicas do trigo sob diferentes regimes hídricos. Irriga, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 98-110, 2021. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2021>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- CATO, S. C. Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-15012007-143914/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

COELHO, M.A.O.; SOUZA, M.A.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO, A.C. & SEDIYAMA, C.S. Resposta da produtividade de grãos e outras características agrônômicas do trigo Embrapa-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 22:555-561, 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). A cultura do trigo. 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf. Acesso em: 23 dez. 2024.

CHIEN, S.H.; GEARHART, M.M. & VILLAGARCIA, S. Comparação de sulfato de amônio com outros fertilizantes de nitrogênio e enxofre no aumento da produção agrícola e minimização do impacto ambiental: uma revisão. Soil Sci., 176:327-335, 2011.

Da Ros, C. O.; Salet, R. L.; Porn, R. L.; Machado, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Ciência Rural, 2003, 33, 5, 799-804.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grãos do triticale em Santa Maria - RS. Ciência Rural, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 95-100, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/9CGWDkgtjCj9XXMtq3zghGn/>.

EMBRAPA RONDÔNIA. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/898947/avaliacao-da-variabilidade-do-periodo-de-enchimento-de-graos-em-sorgo-sorghum-bicolor-l-moench>

EMBRAPA TRIGO. Embrapa Trigo: meio século de inovação e pesquisa para a autossuficiência brasileira. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/embrapa-trigo--meio-seculo-de-inovacao-e-pesquisa-para-a-autossuficiencia-brasileira_496232.html.

EMBRAPA TRIGO. Trigo, uma safra para ficar na história. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivos/busca-de-noticias/-/noticia/77085844/trigo-uma-safra-para-ficar-na-historia>.

EMBRAPA. Mudanças do clima e agropecuária: impactos, mitigação e adaptação. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 141-165, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/jJP56TJd4ZCKvQ4YmPhXgCk/>.

EMBRAPA. O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O%2BAGRO%2BNO%2BBRASIL%2BE%2BNO%2BMUNDO.pdf>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Artigo – A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura brasileira. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23416523/artigo---a-importancia-do-trigo-para-a-sustentabilidade-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 23 dez. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Fertilizante na medida certa em trigo. [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17063710/fertilizante-na-medida-certa-em-trigo>. Acesso em: 22 dez. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Novo fertilizante deve reduzir custos no emprego de ureia. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34227800/novo-fertilizante-deve-reduzir-custos-no-emprego-de-ureia>. Acesso em: 23 dez. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). O papel da pesquisa no desenvolvimento do trigo no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81366007/o-papel-da-pesquisa-no-desenvolvimento-do-trigo-no-brasil>. Acesso em: 23 dez. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Planejamento para definir a adubação nitrogenada no trigo. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81933198/planejamento-para-definir-a-adubacao-nitrogenada-no-trigo>. Acesso em: 22 dez. 2024.

ESPINDULA, M. C. Inibidor de urease (NBPT) e a eficiência da ureia na fertilização do trigo irrigado. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

FAVARIN, J. L. Eficiência da aplicação de ureia em fertirrigação de cafeeiros utilizando traçador 15N. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-17032011-135748/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

FORNASIERI FILHO, Domingos. Manual da cultura do trigo. Jaboticabal: Funep, v. 338, 2008.

FLOSS, E. L.; ALVES, L. M. M. Efeito retardador do crescimento e níveis de nitrogênio em aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 14., 1994. Porto Alegre. Resultados experimentais... Porto Alegre: UFRGS. 1994. p. 159-167.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, Á. R. da; SILVA, V. L. da; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tmZZ7mtKDyxmw8hTFSZ8sDP/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

FRANK, A.B.; BAUER, A. Temperature, nitrogen and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. Crop Science, v.36, p.659-665, 1996.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; TULMANN NETO, A.; PETTINELLI JUNIOR, A.; CASTRO, J.L. Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. Bragantia, Campinas, v.53, n.2, p.281-290, 1994.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JUNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 6, p. 425-434, 1996.

HAFEZ, E.E.D.M.M. & KOBATA, T. O efeito de diferentes fontes de nitrogênio de ureia e sulfato de amônio no número de espiguetas em cultivares de trigo egípcio de primavera em solos de vasos bem irrigados. *Plant Produc. Sci.*, 15:332-338, 2012.

KRELING, B. E. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do trigo mediante diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Ibirubá, 2023.

LEMO, J. C. L. de J. Efeito da aplicação de Arbolina no desenvolvimento de plantas de alface. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30690/1/2021_JulioCesarLimaDeJesusLemos_tcc.pdf. Acesso em: 23 dez. 2024.

LI, Haitao et al. Nanodots de carbono: síntese, propriedades e aplicações. *Journal of materials chemistry*, v. 22, n. 46, p. 24230-24253, 2012.

MACHADO, S. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do trigo mediante diferentes manejos de nitrogênio. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) – Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Ibirubá, 2024.

MARTINS, E. S.; LIMA, J. R.; FERREIRA, A. C. Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função da adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 43, n. 3, p. 512-520, 2020. Disponível em: <https://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/789>. Acesso em: 23 dez. 2024.

MEGDA, Márcio Mahmoud et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1055-1060, 2009.

MARTINS, L. D.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, A. C. Desenvolvimento fenológico de cultivares de trigo em diferentes condições ambientais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 345-356, 2020. Disponível em: <https://www.agrometeorologia.org.br/index.php/rbmet/article/view/2020>. Acesso em: 23 dez. 2024.

MORAES, J. C. de; FAVARIN, J. L.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de nitrogênio no solo com a aplicação superficial de ureia e ureia revestida. Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2017. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ACUMULO%20DE%20NITROGENIO%20NO%20SOLO%20COM%20A%20APLICACAO%20SUPERFICIAL%20DE%20UREIA%20E%20UREIA%20REVESTIDA.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

MONTAÑO HERRERA, Anay. Efeito da fertilização edificante e aplicação foliar com nanopartículas de Cu, Se, Fe, e Zn sobre o rendimento e qualidade poscosecha de *malus domestica* L. e *Pyrus communis* L. 2023.

NEPTUNE, A. M. L.; LOURENÇO, R. S. Efeitos da ureia aplicada no solo e na folha, na produção e qualidade do trigo em grão (*Triticum aestivum* L.). Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 34, p. 497-513, 1977. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aesalq/a/ggkVPkDSvNgDCm6pH43wPPy/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

OLIVEIRA, F. G. G. de; FERREIRA, C. S. Desenvolvimento do trigo submetido a diferentes fontes nitrogenadas no sul de Minas Gerais. AgroVet Sul de Minas, Lavras, v. 1, n. 1, 2024.

OLIVEIRA, J. V. S.; CRISTINO, L. V. M.; LIMA, R. P. Desafios e oportunidades do cultivo de trigo no Cerrado. Journal of New Technologies, [s. l.], v. 1, n. 56, 2024. Disponível em: <https://revistas.faculdefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/3132>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PEREIRA, F. S.; ALMEIDA, L. M.; COSTA, J. P. Modelagem do ciclo fenológico do trigo em resposta a variações térmicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 56, e02345, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/2021/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PEREIRA, L. M.; COSTA, D. S.; ALMEIDA, F. T. Influência da irrigação na produtividade e qualidade de grãos de soja em diferentes estádios de desenvolvimento. Irriga, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 89-100, 2020. Disponível em: <https://www.irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/5678>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PETTINELLI NETO, A.; CRUSCIOL, A.C.; BICUDO, S.J.; FREITAS, J.G.; PULZ, A.L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo irrigado ao nitrogênio para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 14., 2002, Presidente Prudente. Anais.. Presidente Prudente: Unesp, 2002. CD-ROM.

Povh FP. Utilização de sensor ótico ativo em culturas de cereais [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2007.

POTTKER, D.; FABRÍCIO, A.C.; NAKAYAMA, L.H.I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.10, p.1197-1201, 1984.

PRANDO, A. M. *et al.* Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

PRANDO, André Mateus *et al.* Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 2, p. 621-632, 2012.

RIBAS, R. G. T. *et al.* Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 4, p. 878-885, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/VjsVcKfd5fk4ckZ786FMVwG/?format=pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

RODRIGUES, J. da S. Influência da Arbolina (carbon dots) no crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivado em sistema hidropônico. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/38228/1/2023_JessycaDaSilvaRodrigues_tcc.pdf. Acesso em: 23 dez. 2024.

SANGOI, Luís et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. *Ciência Rural*, v. 37, p. 1564-1570, 2007.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Serrano L, Filella I, Peñuelas J. Sensoriamento remoto de biomassa e rendimento de trigo de inverno sob diferentes suprimentos de nitrogênio. *Crop Sci.* 2000;40:723-31

SCHREINER, J. Controle de aveia e azevém em pré e pós-emergência na cultura do trigo. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Ibirubá, 2023.

SCHADCHINA, T.M., DMITRIEVA, V.V. Conteúdo de clorofila foliar como um possível meio diagnóstico para a avaliação da absorção de nitrogênio da planta do solo. *Journal of Plant Nutrition*, Nova York, v.18, p.1427-1437, 1995.

SILVA, J. A. G. da; CARVALHO, F. I. F. de. Caráter stay-green e produtividade de grãos em trigo. *Bragantia*, v. 67, n. 1, p. 203-211, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/FhWzLpWVB5f7dJWHkMHQbJx/>.

SILVA, J. C. *Influência do método de aplicação e concentrações de Arbolina na produtividade, fisiologia e qualidade de frutos de morangueiro*. 2021. Disponível em: <https://icts.unb.br/jspui/handle/10482/41635>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SILVA, J. F.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA, R. T. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade de grãos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 18, n. 2, p. 345-356, 2019. Disponível em: <https://www.revistabms.com.br/article/view/1234>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SILVA, L. de O. *Fertilizantes nitrogenados: uma revisão bibliográfica sobre*. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/42062/1/FertilizantesNitrogenadosUma.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SILVA, M. N. X.; COSTA, M. N. X. *Influência de épocas e doses de adubação nitrogenada na produção de forragem*. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-20220208-104329/publico/CostaMichelleNazareXavierDa.pdf>.

SILVA, T. N.; OLIVEIRA, R. A.; FREITAS, S. P. Análise fenológica de cultivares de trigo submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 245-252, 2021. Disponível em: <https://www.agriambi.com.br/index.php/rbeaa/article/view/2021>. Acesso em: 23 dez. 2024.

Shimshi & Kafkafi, U. O efeito da irrigação suplementar e da fertilização com nitrogênio no trigo (*Triticum aestivum* L.) *Irrigation Science*, Heidelberg, v. 1, p.27-38, 1978.

SOUZA, P. I.; FERREIRA, M. E.; LIMA, R. T. Influência de fatores climáticos nas fases fenológicas do trigo no Cerrado brasileiro. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, p. 210-225, 2021. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/2021>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.028>. Acesso em: 23 dez. 2024.

TEIXEIRA FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 45, p. 797-804, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R.C.F.; FREITAS, J.G.; ARF, O. & SÁ, M.E. Desempenho agrônomo de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. *Científica*, 36:97-106, 2008.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R.C.F.; FREITAS, J.G.; ARF, O. & SÁ, M.E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. *Acta Sci. Agron.*, 29:421-425, 2007.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B.; CÁNOVAS, A.D. & MOREIRA, J.A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 10:24-29, 2006.

VIEIRA, Nicolly Quirino Barros et al. Cultivo do meloeiro amarelo submetido a diferentes lâminas de irrigação e aplicação do bioestimulante arbolina. *Revista Caatinga*, v. 37, p. e12452-e12452, 2024.

VIEIRA, E. M. *Desempenho produtivo e valor nutricional de cultivares de trigo e triticale no semiárido mineiro*. 2021. Disponível em: https://repositorio.unimontes.br/bitstream/1/893/1/Vieira%2C%20Emanuell%20Meideiros_Desempenho%20produtivo%20e_2021.pdf. Acesso em: 23 dez. 2024.

WUADEN, A. F. *et al.* Efeito do ácido giberélico na cultura do trigo (*Triticum aestivum*). In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 1., 2018, Lages. *Anais [...]*. Lages: Even3, 2018. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/signa/82087-efeito-do-acido-giberelico-na-cultura-do-trigo-%28triticum-aestivum%29/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do trigo: componentes da produção, produtividade e qualidade de grãos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 1, p. 150-157, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000100022>.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P. & TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. *Ci. Rural*, 32:25-29, 2002.

ZAIATZ, A. F. S. *A cadeia produtiva do trigo no Brasil: impactos na geração de emprego e renda*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/34272/1/cadeiaprodutivadetrigo.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

.